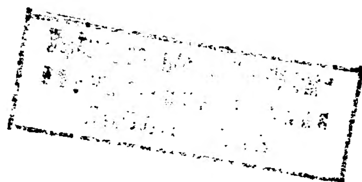
М.Ф.Лутов
М.А.Жарков
П.А.Юнаков

КВАЗИЭЛЕКТРОННЫЕ И ЭЛЕКТРОННЫЕ АТС





МОСКВА
«РАДИО И СВЯЗЬ»
1982

ББК 32.88
Л86
УДК 621.395.344

Лутов М. Ф., Жарков М. А., Юнаков П. А.

Л86 Квазиэлектронные и электронные АТС. — М.: Радио и связь, 1982. — 264 с., ил.

В пер.: 1 р. 30 к.

Излагаются принципы построения коммутационных полей, устройств управления и электропитания квазиэлектронных и электронных АТС; рассматривается программное обеспечение этих АТС. Описываются способы передачи сигналов между электронными и существующими станциями, а также между электронными АТС. Излагаются принципы построения общего канала сигнализации и общих каналов управления. Приводятся схемы построения телефонных сетей с использованием АТС с программным управлением.

Для инженерно-технических работников, специализирующихся в области автоматической телефонной коммутации, и может быть полезна студентам вузов.

Л $\frac{2402040000-177}{046(01)-82}$ 160—82 **ББК 32.88**

6Ф1

РЕЦЕНЗЕНТ В. И. НЕЙМАН

Редакция литературы по электросвязи

Предисловие

В настоящее время в Советском Союзе разработаны и вводятся в эксплуатацию новые квазиэлектронные станции для сельских («Исток»), городских и междугородных («Кварц») телефонных сетей, а также учрежденческие АТС («Изумруд» и «Квант»). Промышленностью начато освоение цифровой электронной системы АТС.

Квазиэлектронные и электронные АТС, в которых используются новые принципы коммутации и управления, позволяют по-новому организовать связь между станциями и по-новому строить телефонные сети. Разработка, проектирование и обслуживание квазиэлектронных и электронных АТС требуют от персонала глубоких знаний основ построения указанных станций.

В книге сделана попытка рассмотреть в комплексе вопросы построения АТС с программным управлением. Книга написана на основе материалов, отражающих опыт разработки квазиэлектронных и электронных АТС в СССР и за рубежом.

Книга предназначена для специалистов автоматической телефонной связи, занимающихся разработкой и эксплуатацией АТС с программным управлением. Она также может быть полезна студентам вузов и техникумов соответствующей специальности.

Авторы благодарят докт. техн. наук В. И. Неймана и докт. техн. наук С. Л. Дюфура за тщательный просмотр рукописи книги и многочисленные советы, замечания и предложения, способствовавшие значительному ее улучшению.

Предисловие, введение, гл. 1—4, 6 и разд. 5.2—5.5 написаны М. Ф. Лутовым, разд. 5.1 написан совместно М. А. Жарковым и П. А. Юнаковым.

Замечания по книге следует направлять в издательство «Радио и связь» по адресу: 101000, Москва, Главпочтамт, а/я 693.

Введение

В.1. Терминология и классификация АТС

Для удобства изложения укажем несколько основных терминов и определений.

Коммутационный узел сети связи — это совокупность технических средств, предназначенных для коммутации каналов в соответствии с полученной адресной информацией с целью передачи сообщений. Коммутационная станция — совокупность технических средств, обеспечивающих связь между каналами и линиями связи. В зависимости от вида передаваемой информации, места нахождения на сети или принципа используемых для построения приборов коммутационные узел и станция могут иметь дополнительные определения. Так, коммутационный узел, на котором осуществляется коммутация транзитных связей часто называется транзитной станцией [17].

В зависимости от вида передаваемой информации узлы и станции делятся на две группы: аналоговые и цифровые. В аналоговых узлах и станциях коммутируются каналы и линии, по которым передаются аналоговые сигналы, в цифровых — каналы и линии, по которым передаются цифровые сигналы.

Аналоговый сигнал электросвязи — непрерывный сигнал произвольной формы. К аналоговым относятся сигналы: речевые, телефонные, амплитудно-импульсной АИМ, широтно-импульсной ШИМ и фазово-импульсной модуляции ФИМ.

Цифровой сигнал электросвязи — сигнал, имеющий прерывистую форму во времени и набор разрешенных дискретных значений [50]. К цифровым относятся сигналы импульсно-кодовой ИКМ и дельта-модуляции.

Коммутационные станции могут быть местными (городскими или сельскими) и междугородными. Абонентские линии включаются только в местные станции. Междугородные коммутационные станции обеспечивают коммутацию транзитных соединений и поэтому являются транзитными. Будем различать следующие виды станций: аналоговые транзитные, цифровые транзитные, аналоговые местные, цифровые местные.

Аналоговые транзитные станции могут быть с четырехпроводной либо двухпроводной коммутацией и смешанные с двух- и четырехпроводной коммутацией, цифровые транзитные станции— только с четырехпроводной коммутацией. В аналоговых местных станциях обеспечивается двухпроводная коммутация, в цифровых

местных станциях осуществляется переход от двухпроводных линий к четырехпроводным и обеспечивается четырехпроводная коммутация.

В зависимости от числа включаемых каналов и линий различают станции малой, средней и большой емкостей (табл. В.1).

Таблица В.1. **Типы станций**

Емкость станции	Число каналов и линий, включаемых в станции		
	Местные	Транзитные с коммутацией	
		четырехпроводной	двухпроводной
Малая	0—200 100—1 000	0—500 400—6 000	0—600 400—8 000
Средняя	400—10 000	1 000—10 000	1 000—10 000
Большая	5 000—50 000	5 000—50 000	Больше 10 000

Цифровая коммутация — процесс, при котором соединения осуществляются с помощью операций над цифровыми сигналами электросвязи без преобразования их в аналоговую форму [50].

Совокупность линейных и станционных средств, предназначенных для соединения передатчика и приемника информации, называют соединительным трактом сети связи, или сокращенно соединительным трактом. Совокупность соединительного тракта, передатчика и приемника, обеспечивающих передачу и прием информации на время соединения, называют трактом передачи информации сети связи, или сокращенно трактом передачи. Участок тракта передачи информации, проходящий через коммутационный узел связи или коммутационную станцию, называют внутристанционным трактом передачи ВСТП.

Совокупность всех коммутационных блоков ступеней искания станции либо узла образует коммутационное поле КП.

Устройства управления станции могут быть индивидуальными для каждого прибора КП, общими для группы приборов или централизованными для всей станции. При централизованном управлении управляющие устройства могут быть построены с замонтированной или записанной программой.

Механоэлектронной автоматической телефонной станцией АТСМЭ называют станцию с электронными управляющими устройствами, коммутационное поле которой построено на электромагнитных приборах.

Квазиэлектронной автоматической телефонной станцией АТСКЭ называют станцию с электронными управляющими устройствами, коммутационное поле которой построено на быстродействующих электромагнитных приборах с герметизированными контактами.

Электронной автоматической телефонной станцией АТСЭ на-

зывают АТС, управляющие устройства и коммутационное поле которой построено на электронных приборах.

Классификацию АТС можно провести исходя из нескольких принципов: по назначению, по построению АТС в целом или их отдельных частей, по обслуживанию. Любая классификация является условной, но она помогает систематизировать и более детально рассмотреть АТС.

С целью изучения принципов построения квазиэлектронных и электронных АТС классификацию АТС целесообразно проводить исходя из принципов построения коммутационных полей, внутристанционных трактов передачи и устройств управления (рис. В.1).

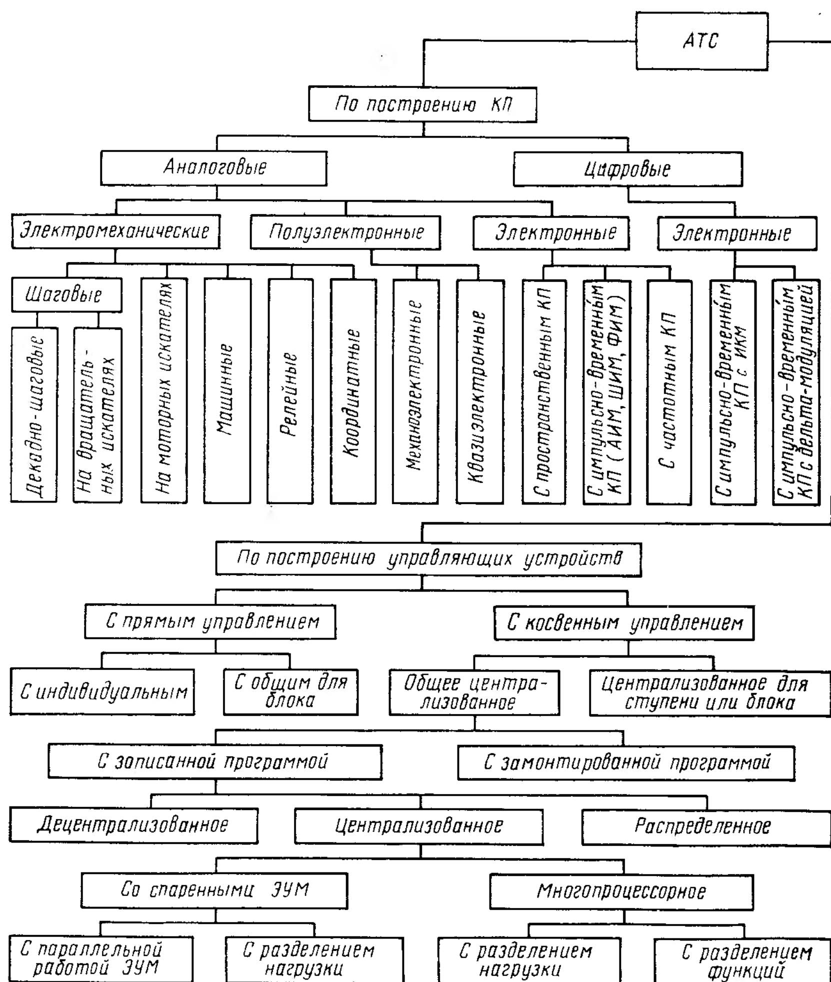


Рис. В.1. Классификация АТС

К аналоговым АТС относятся электромеханические, механоэлектронные, квазиэлектронные и часть электронных АТС, а к цифровым — часть электронных АТС. В электромеханических АТС коммутационные поля и ВСТП строятся на различного вида электромагнитных искателях, многократных координатных соединителях МКС и реле. В механоэлектронных АТС для коммутации используются малогабаритные МКС, в квазиэлектронных — специальные приборы с язычковыми магнитоуправляемыми контактами.

Магнитоуправляемые контакты могут быть открытыми или герметизированными (герконы). В последнее время в квазиэлектронных АТС вместо герконов стали использовать герметизированные контакты, обладающие магнитной блокировкой (запоминанием),— гезаконы (мемриды, ремриды).

В электронных АТС коммутационное поле и ВСТП строятся на полупроводниковых приборах. В настоящее время аналоговые электронные АТС по принципам построения тракта передачи принято делить на три группы: пространственные, импульсно-временные и частотные.

В АТСЭ с пространственным разделением каналов тракт передачи строится в основном аналогично тракту передачи в координатных АТС и АТСКЭ, но металлические контакты заменяются электронными приборами.

В АТСЭ с импульсно-временным разделением каналов принцип построения тракта передачи заключается в том, что общий тракт поочередно кратковременно предоставляется для передачи информации различным парам абонентов. Аналоговые АТСЭ с импульсно-временным делением тракта передачи могут строиться с использованием АИМ, ФИМ или ШИМ.

В АТСЭ с частотным разделением каналов используется принцип частотной передачи такой же, как и в каналообразующей аппаратуре передачи. Абонентские линии подключаются к общей уплотненной по частоте цепи через модуляторы и демодуляторы. Для установления соединения на модуляторы и демодуляторы подаются одинаковые несущие частоты. Эти станции не нашли практического применения из-за сложности создания генераторов, частотных модуляторов и полосовых фильтров.

В литературе иногда используют термин «частично-электронные АТС». Под этим термином понимают АТС, в которых электроника используется в отдельных устройствах (регистрах, приемниках, передатчиках). Следует также отметить, что в англоязычной литературе квазиэлектронные АТС называют электронными.

Цифровые АТСЭ могут строиться с использованием ИКМ или дельта-модуляции. Наибольшее распространение нашли АТСЭ с ИКМ, на основе которых создаются интегральные сети связи.

По принципам построения управления АТС делятся на станции с индивидуальным и общим управлениями. Индивидуальное управление коммутационными приборами имеют декадно-шаговые АТС, АТС с вращающимися и моторными искателями, общее —

координатные, полуэлектронные и электронные АТС. Общее управление может быть программным. Различают два вида программного управления: с замонтированной и записанной программами. В первом случае управляющие устройства строятся аналогично релейным управляющим устройствам, но на электронных элементах. Такое управление иногда называют управлением с замонтированной логикой. Во втором случае программа работы станции записывается (накапливается) в запоминающих устройствах. В дальнейшем именно такое управление будем называть программным управлением. Общее программное управление может быть централизованным, когда центральное управляющее устройство руководит работой периферийных исполнительных устройств, или децентрализованным, когда периферийные устройства работают самостоятельно, а центральное устройство только координирует их работу. Разновидностью централизованного управления является рассредоточенное управление, когда управляющие устройства, действующие по принципу централизованного управления, разнесены по различным блокам. Наибольшее распространение получили АТС с управлением по записанной программе.

В.2. История создания квазиэлектронных и электронных АТС

В 1976 г. было отмечено 100-летие изобретения А. Г. Беллом телефона. Почти сразу же после изобретения телефона были созданы устройства коммутации (коммутаторы), в которых коммутация осуществлялась вручную с помощью штепселей. В 1896 г. были построены первые автоматические телефонные станции.

За 100 лет телефонные аппараты ТА прошли большой путь развития — от громоздкого, неудобного в обращении, имеющего весьма низкие электроакустические показатели аппарата Белла, до современного изящного, удобного в обращении высококачественного аппарата с тастатурным набором. В современных АТС телефонный аппарат представляет собой сложное абонентское оконечное устройство — абонентский терминал, который становится незаменимым помощником человека.

Коммутационная техника за 100 лет развития также неузнаваемо изменилась. Медленно действующие искатели с контактами низкого качества уступили место малогабаритным быстродействующим электронным приборам и устройствам (под электронными всюду понимаются, кроме специально оговоренных случаев, полупроводниковые, магнитные и другие приборы и устройства, работа которых основана на физических процессах, протекающих в твердых телах).

Наряду с совершенствованием техники телефонной связи неизмеримо возросли и требования абонентов к качеству как телефонной связи в целом, так и отдельных устройств, обеспечивающих ее осуществление.

Качественные показатели телефонной связи росли значительно медленнее количественных (табл. В.2, рис. В.2). Как видно из табл. В.2, в мире происходит непрерывный рост общего числа телефонных аппаратов и телефонной плотности (число телефонных аппаратов на 100 жителей). Ожидается, что к 2000 г. число телефонных аппаратов превысит 1 млрд.

Таблица В.2. **Рост числа телефонных аппаратов в мире**

Год	Население, млрд. чел.	Число телефонных аппаратов, млн.	Ежегодный прирост телефонных аппаратов, млн.	Телефонная плотность, телефонные аппараты/100 чел.	Год	Население, млрд. чел.	Число телефонных аппаратов, млн.	Ежегодный прирост телефонных аппаратов, млн.	Телефонная плотность, телефонные аппараты/100 чел.
1921	1,8	25	—	1,4	1955	2,9	95	25/5	3,3
1925	1,9	30	5/1*	1,6	1960	3,0	135	40/8	4,5
1930	2,2	35	5/1	1,6	1965	3,4	180	45/9	5,3
1935	2,3	35	—	1,5	1970	3,7	255	45/9	6,9
1940	2,5	40	5/1	1,6	1975	3,9	360	105/21	9,2
1945	2,6	45	5/1	1,7	1980	4,5	450	110/22	10
1950	2,8	70	25/5	2,5					

* В числителе — прирост за 5 лет, в знаменателе — за 1 год.

Основные этапы развития телефонной связи показаны в табл. В.3. Развитию телефонной связи способствовали успехи в смежных областях, среди которых наиболее важными являются изобретение электронной лампы, создание многоканальной аппаратуры передачи, изобретение транзистора (1948 г.) и создание электронных вычислительных машин ЭВМ. Интересно отметить, что первые вычислительные машины были построены на телефонных приборах (МКС и реле).

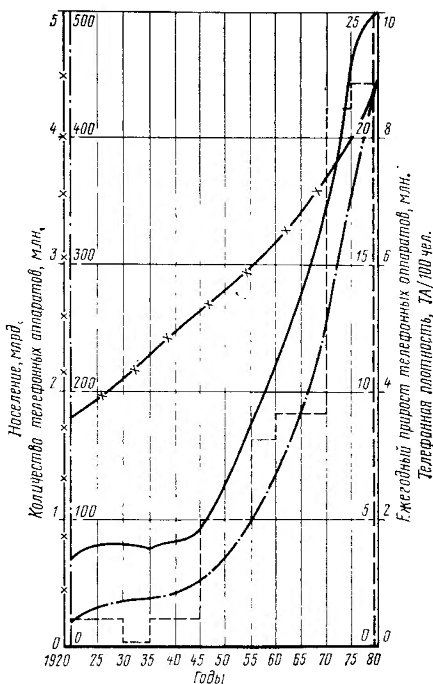


Рис. В.2. Развитие телефонной связи в мире:

——— — рост телефонной плотности;
— — — — прирост ТА по пятилетиям;
—×—× — рост населения;
—·— — рост числа ТА

Таблица В.3. **Основные этапы развития телефонной техники**

Дата	Этап развития
XIX век	
1870-е годы	Создание телефонного аппарата
1876 г.	Изобретение телефона [А. Г. Белл (США)]
1878 г.	Создание угольного микрофона [Д. Юз (США),
1879 г.	К. М. Махальский (Россия), П. М. Голубицкий (Россия)]
1883 г.	Введение трансформатора в телефонный аппарат [Эдисон (США)]
1880—1890-е годы	Создание ручных и декадно-шаговых автоматических телефонных станций
1878 г.	Создание первой ручной телефонной станции [Нью Хевен (США)]
1882 г.	Создание станций в Петербурге, Москве, Одессе и Риге (Россия)
1889 г.	Создание шагового искателя [А. Б. Строуджер США)]
1896 г.	Создание первой АТС [г. Огаста (США)]
XX век	Создание электронной лампы. Создание координатных АТС
1906 г.	Разработка АТС с регистрами (регистровое управление, Молина)
	Разработка обходного принципа установления соединений
1914 г.	Создание многократного координатного соединителя [Бетуландер (Швеция)]
1915 г.	Создание усилителя для аппаратуры передачи [В. И. Коваленков (Россия)]
1939 г.	Введение первой координатной АТС Кроссбар № 1 (США)
1940-е годы	Широкое внедрение координатных АТС (США, Швеция)
	Создание квазиэлектронных и электронных АТС
1946 г.	Создание ЭВМ типа ЭНИАК (США)
1948 г.	Изобретение транзисторов [У. Шокли, У. Браттейн, Дж. Бардин (США)]
1950 г.	Создание ЭВМ типа МЭСМ (СССР)
1950-е годы	Начало разработок электронных АТС
1959—1961 гг.	Создание первых полупроводниковых интегральных схем
1964 г.	Введение в эксплуатацию первой квазиэлектронной АТС с программным управлением ESS № 1 [г. Сакасанна (США)]
1975 г.	Введение в эксплуатацию первой цифровой АТС типа Е10 [Ланьон (Франция)]

Важнейшими этапами развития автоматической телефонной коммутации можно считать создание АТС с прямым управлением, имеющих контакты скольжения (АТС первого поколения) и координатных АТС с регистровым управлением и многократными координатными соединителями МКС с контактами давления (АТС второго поколения), а также разработку АТС с программным управлением и коммутационным полем с магнитоуправляемыми гер-

метизированными контактами или электронными элементами (АТС третьего поколения).

Разработка АТС третьего поколения была начата в 1950-е годы и шла по нескольким направлениям. Для создания новых АТС пытались использовать самые различные принципы и приборы. В разных странах было создано и проверено огромное число экспериментальных станций [112]. Большие трудности встретились при создании тракта передачи на электронных элементах. Оказалось весьма сложным выполнить требования, предъявляемые к такому тракту передачи, не удалось создать экономичные электронные устройства для коммутации тока питания микрофона телефонного аппарата (до 70 мА) и вызывного тока (75—110В), а также обеспечить защиту электронных приборов от высоких напряжений и токов.

Многолетние исследования и разработки в конечном итоге привели к созданию АТС с КП на металлических герметизированных контактах, электронных АТС с КП на четырехслойных полупроводниковых приборах (тиристорах) и цифровых АТС с импульсно-кодовой модуляцией.

Разработка устройств управления также велась в нескольких направлениях, однако накопленный при создании ЭВМ опыт и достижения в цифровой вычислительной технике позволили достаточно быстро определить наиболее перспективное направление. Таким направлением оказалась организация управления с помощью программы, записанной в запоминающих устройствах. Организация централизованного программного управления экономически целесообразна на АТС емкостью 300—500 номеров. Использование микропроцессоров расширит область применения программного управления.

Успехи в создании полупроводниковых приборов (больших интегральных схем БИС, полупроводниковых запоминающих устройств большой емкости на БИС, микропроцессоров МП), резкое снижение потребления тока полупроводниковыми приборами, разработка эффективного программного обеспечения ПО, установка у абонентов терминалов с предоставлением абоненту дополнительных услуг приведут к созданию электронных АТС нового (четвертого) поколения. Можно предположить, что эти АТС будут обеспечивать:

качество передачи информации, почти эквивалентное непосредственному общению;

качество обслуживания — нахождение вызываемого абонента и установление соединения в любых условиях без повторного вызова;

предоставление абоненту, по его желанию, речевой и видеоинформации;

накопление информации и передача ее абоненту в удобное для него время;

доступ абонента к различным справочно-информационным службам.

Станции четвертого поколения будут иметь малые габаритные размеры, малую мощность электропитания и не требовать специальных помещений и особых климатических условий.

В.3. Преимущества квазиэлектронных и электронных АТС

Разработка квазиэлектронных и электронных АТС вызвана следующими основными причинами:

потребностью введения новых видов услуг для абонентов;

необходимостью уменьшения обслуживающего персонала и затрат на обслуживание;

возможностью уменьшения трудовых затрат на изготовление электронного оборудования по сравнению с электромеханическим;

возможностью уменьшения габаритных размеров оборудования, а также объема работ при монтаже и настройке оборудования на объекте.

Увеличение емкости телефонных сетей, автоматизация телефонной связи и рост значения связи в деятельности и жизни людей приводят к необходимости предоставления абонентам различных вспомогательных и дополнительных услуг, обеспечивающих им удобства при пользовании связью. В существующих электромеханических АТС новые услуги реализуются в основном за счет усложнения основного или введения дополнительного оборудования, что удорожает стоимость АТС. В АТС с программным управлением большинство услуг обеспечивается за счет введения соответствующих программ и незначительного увеличения оборудования на действующих станциях с программным управлением, при этом не требуется производить изменения в оборудовании.

Наибольшая потребность в дополнительных услугах ощущается в учрежденческих АТС, где связь существенно влияет на производительность труда. В учрежденческих электромеханических АТС количество дополнительных услуг ограничивалось единицами, в учрежденческих АТС с программным управлением их насчитывается в настоящее время более 200. Некоторые дополнительные услуги на АТС с программным управлением вводятся и для абонентов сети общего пользования [39].

Электромеханические АТС требуют большого количества обслуживающего персонала, который осуществляет проверку работы оборудования, обнаруживает и устраняет повреждения, производит регулировку реле, чистку и смазку искателей и других движущихся частей. На станциях с программным управлением может быть органически заложена возможность автоматической проверки оборудования, определения места повреждения и выключения этого оборудования из обслуживания. Без значительного добавления оборудования на этих станциях может быть организовано

централизованное техническое обслуживание. В настоящее время на телефонных сетях, оборудованных АТС с программным управлением, уже внедряются центры технического обслуживания, а большинство станций, включая станции средней емкости, могут быть необслуживаемыми. Это в несколько раз уменьшает количество обслуживающего персонала.

В электромеханических АТС используются электромагнитные приборы (реле, МКС), металлоемкие и трудоемкие в производстве. Сборка этих приборов и их монтаж на стативах трудно поддаются автоматизации. В квазиэлектронных и в особенности электронных АТС весь процесс изготовления и настройки оборудования может быть автоматизирован. Затраты металла, в том числе цветного и драгоценного, снижаются в несколько раз, как и трудовые затраты. Для сравнения приведем данные об относительных трудовых затратах на изготовление и монтаж АТС различных систем:

Система АТС	*Изготовление*	*Монтаж*
Координатная	1	1
Квазиэлектронная	0,3—0,4	0,4—0,5
Электронная	0,1—0,2	0,2—0,3

Габаритные размеры оборудования квазиэлектронных и электронных АТС по сравнению с оборудованием электромеханических АТС уменьшены в несколько раз (3—4 раза), это позволяет размещать на стативах полные блоки оборудования, резко сократить межстативный монтаж и вывести его на разъемы. В результате станции малой и средней емкостей могут быть смонтированы и оттренированы в заводских условиях и в контейнерах доставлены к месту установки. При этом повышаются производительность труда, качество изготовления оборудования и его надежность, а также сокращаются сроки ввода АТС в эксплуатацию.

Уменьшение габаритных размеров оборудования приводит к уменьшению площадей, необходимых для его установки. Сокращение количества обслуживающего персонала или его полное отсутствие также уменьшает требуемые площади автозалов и служебных помещений АТС. Уменьшение массы оборудования, а следовательно, давления, оказываемого им на перекрытия, позволяет упростить и удешевить конструкцию здания АТС.

Отметим два существенных недостатка АТС с программным управлением, которые пока не устранены: большое потребление энергии электропитания и необходимость в кондиционировании воздуха в автоматном зале АТС. Первый недостаток связан с тем, что управляющие устройства АТС, построенные на полупроводниковых приборах, непрерывно потребляют электроэнергию. В настоящее время уже наметились пути устранения этого недостатка: переход от магнитных запоминающих устройств ЗУ к полупроводниковым с МОП-структурой и создание управляющих логических устройств на интегральных схемах с малым потреблением энергии.

Необходимость кондиционирования воздуха вызвана в первую очередь использованием накопителей на магнитных лентах и дисках. Переход на полупроводниковые ЗУ большой емкости может позволить отказаться от кондиционирования воздуха.

Основным достижением при создании квазиэлектронных и электронных АТС следует считать введение программного управления и общих каналов сигнализации. В системах сигнализации электромеханических АТС состав сигналов строго определен. При введении новых сигналов требуются изменения в устройствах сигнализации. Общий канал сигнализации ОКС позволяет значительно расширить и гибко изменять количество и состав передаваемых сигналов, а также значительно увеличить скорость передачи сигналов. Один ОКС может обслужить несколько сот соединительных линий. При использовании ОКС значительно упрощаются линейные комплекты, а поскольку они составляют значительную часть оборудования, то возможно общее уменьшение объема оборудования АТС до 20%.

Одновременно с указанными достоинствами в АТС с программным управлением достигнуто улучшение качества передачи и качества обслуживания.

Сейчас созданы цифровые электронные АТС, обеспечивающие коммутацию каналов с ИКМ без перехода на низкую частоту. Это позволяет при построении сетей связи использовать все достоинства систем передачи с ИКМ, а именно:

независимое от расстояния и конфигурации сети качество передачи;

возможность использования на существующих кабельных линиях (следовательно, увеличение числа каналов);

возможность совмещения в одном кабеле пар, предназначенных для передачи сообщений различного вида (некодированная речь, передача данных и т. д.);

возможность использования на различных линиях (кабельных, радиорелейных);

возможность использования в перспективных системах связи (через спутники, волноводы и световоды);

создание новых возможностей (засекречивание, накопление информации, цифровая обработка);

экономичность, уже достигнутая в отдельных сферах применения ИКМ (например, на межстанционных соединительных линиях) и в будущем ожидаемая из-за совместимости в линиях большой протяженности;

предполагаемая в дальнейшем экономичность в производстве за счет использования стандартных цифровых схем в интегральном исполнении;

непосредственная коммутация каналов ИКМ (без декодирования). Непосредственная четырехпроводная коммутация каналов ИКМ на транзитных и местных цифровых станциях без перехода на низкую частоту приводит к созданию интегральной системы с однородной аппаратурой передачи и коммутации.

В.4. Требования, предъявляемые к современным АТС

Автоматические телефонные станции новой системы должны длительное время (30—40 лет) работать в сетях связи в тесном взаимодействии с уже установленными станциями. Поскольку ежегодно выпускается оборудование АТС на несколько миллионов номеров, то одна из главных задач разработчиков состоит в снижении стоимости изготовления этого оборудования и уменьшении числа элементов в индивидуальных абонентских устройствах и АТС в целом.

Разработка новой системы АТС должна осуществляться с учетом требований как сегодняшнего дня, так и завтрашнего. Последние учесть весьма трудно, поэтому необходимо, чтобы система была гибкой и позволяла вводить новые функции без существенной переработки.

К АТС могут быть предъявлены требования со следующих точек зрения: абонента, обслуживающего персонала, условий работы на сети и производства. Любая система АТС может быть разделена на две основные части: устройства, обеспечивающие коммутацию, и устройства управления.

С точки зрения абонента АТС должна обеспечивать высокое качество передачи информации и обслуживания, а также удобство в пользовании. Качество передачи зависит от вида передаваемой информации. При передаче речевой информации требования к качеству передачи могут быть определены исходя из физиологических свойств человеческой речи и слуха. При формулировке этих требований можно взять в основу следующие предпосылки: качество разговора по телефону должно быть близко к качеству разговора при непосредственной беседе двух абонентов на расстоянии 1—2 м друг от друга. При этом следует учитывать, что в современном телефонном аппарате уровень передачи равен приблизительно 1 мВт, минимальный уровень приема 1мкВт и динамический диапазон громкости 70 дБ. Эти нормы должны быть распределены по участкам линий и коммутационным станциям таким образом, чтобы их можно было выполнить наиболее экономичным способом.

Некоторые общие требования к управляющим устройствам также можно установить исходя из физиологических возможностей человека (абонента) и анализа статистических данных наблюдений за поведением абонентов.

Для управления работой АТС абонент со своего телефонного аппарата посылает на станцию определенные сигналы. В настоящее время используется несколько типов телефонных аппаратов, но наибольшее распространение получили аппараты с дисковым и кнопочным номеронабирателями. В первом случае сигналы управления на АТС передаются замыканием и размыканием шлейфа абонентской линии, а во втором — импульсами переменного тока различных частот. Управляющее устройство АТС должно принять сигнал вызова станции, передать сигнал готовности к приему на-

бора номера (сигнал ответа), принять номер, на основе анализа принятого номера определить наличие свободных приборов для установления соединения и линии вызываемого абонента, послать вызов (переменным током частотой 16—50 Гц или током тональной частоты), принять сигнал ответа вызывающего абонента, установить соединение и разъединить его при отбое абонента.

Таким образом, управляющее устройство АТС должно обрабатывать создаваемый абонентами поток вызовов, который определяется числом абонентов, вызовов от абонента в ЧНН, знаков, набираемых при каждом вызове, импульсов в знаке, а также скоростью набора одного знака и продолжительностью передачи импульсов набора и интервалов между ними.

С увеличением числа включенных в АТС линий (емкости АТС) и соответственно числа вызовов от абонентов должно возрастать быстродействие управляющих устройств или их число. АТС является системой массового обслуживания, и все расчеты ведутся для часа наибольшей нагрузки (ЧНН). В современных АТС с программным управлением, как правило, используется режим работы с ожиданием, при котором качество обслуживания определяется как вероятность ожидания не свыше заданного времени. При нормировании качества обслуживания исходят в первую очередь из технических и экономических возможностей сети связи и коммутационного оборудования, учитывая при этом психологические свойства абонентов. Следует иметь в виду, что при одинаковом объеме оборудования и равной нагрузке абоненты отдают предпочтение системе с ожиданием, а не системе с явными потерями.

Управляющие устройства АТС выполняют ряд логических и временны́х функций. К логическим функциям в первую очередь относится анализ набираемого номера. В результате анализа (одной, двух, трех, а иногда и более первых цифр) определяются общее количество цифр в номере, который будет набран, направление установления соединения, начало передачи цифр. Широко используется пересчет номеров: кодов направлений — в номера направлений, списочных абонентских номеров — в номера мест включения линий. К временны́м функциям относятся определение различных временны́х интервалов (от снятия микротелефонной трубки до начала набора номера, между набором отдельных цифр — межсерийные интервалы, между импульсами и т. д.), отсчет тарификационных импульсов, выдача импульсов для отсчета времени и т. п.

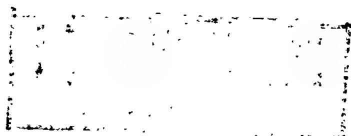
Сигнализация отделяется от передачи информации и осуществляется в такой форме, которая бы обеспечивала прохождение сигналов по линиям и каналам различного вида без физических ограничений их числа. Наиболее полно этим требованиям удовлетворяет выделенный общий канал сигнализации ОКС.

Оборудование АТС стремятся создать таким, чтобы при его эксплуатации не предъявлялись жесткие требования к климати-

ческим условиям (температуре, влажности, загрязнению и т. д.), а все проверки, действия по обнаружению неисправностей и определению их вида, проводились автоматически и обеспечивались условия для централизации эксплуатации. Обязательно предусматриваются возможности работы со всеми существующими на национальной сети системами АТС и развития сети на новом оборудовании.

С экономической точки зрения к оборудованию коммутационной системы предъявляются такие требования, как массовый способ изготовления, малая металлоемкость, низкая трудоемкость изготовления, малая стоимость, быстрый монтаж (например, с помощью разъемов), быстрая автоматическая настройка, дешевизна эксплуатации.

Перечисленные основные требования показывают, что создание новой коммутационной системы — необычайно технически сложная, дорогая и трудоемкая задача. Руководство Телефонных Лабораторий Белла (США) считает, что создание системы ESS было наиболее сложной задачей, которую когда-либо приходилось решать фирме, а она разрабатывает искусственные спутники связи, системы связи по коаксиальному кабелю на 10 000 каналов, трансокеанские кабельные системы и т. п.



Глава 1

Структурные схемы и внутристанционный тракт передачи квазиэлектронных и электронных АТС

1.1. Структурные схемы квазиэлектронных АТС

Автоматические телефонные станции в зависимости от построения структурных схем могут быть с разделением на ступени искания и без него [37]. В системах с разделением на ступени искания возможно использование прямого или косвенного (регистрового) управления. В системах, не разделенных на ступени искания, применяют косвенное управление. Коммутационные приборы станции объединяются в коммутационные блоки. Совокупность всех коммутационных блоков либо ступеней искания образует коммутационное поле, управление которым осуществляется централизованными управляющими устройствами.

Квазиэлектронные АТС строятся, как правило, с общим КП и общим централизованным управлением. На рис. 1.1 приведена структурная схема квазиэлектронной АТС. Можно выделить следующие основные ее части: коммутационное поле КП; комплекты различного назначения; централизованные устройства управления ЦУУ; периферийные управляющие устройства ПУУ; внешние устройства ВУ; устройства, обеспечивающие взаимную связь между различными блоками (интерфейс-шины — Ш); оборудование общего канала сигнализации ОКС.

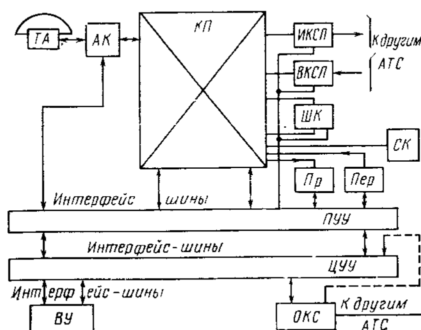


Рис. 1.1. Структурная схема квазиэлектронных АТС с программным управлением

В коммутационное поле через абонентские комплекты АК включаются абонентские линии. Исходящие и входящие соединительные линии включаются соответственно через комплекты исходящих ИКСЛ и входящих ВКСЛ соединительных линий. В коммутационном поле осуществляется их соединение друг с другом, а также с приемниками Пр, передатчиками Пер и служебными комплектами СК.

Комплекты АТСКЭ могут быть разделены на две основные группы: линейные и станционные. Линейные комплекты (к которым относятся АК, ИКСЛ, ВКСЛ) обеспечивают включение линий в АТС. Абонентские линии являются линиями двустороннего действия, т. е. их занятие может производиться с обеих сторон: со стороны абонента при исходящей связи или со стороны станции при входящей связи. Соединительные линии могут быть как одностороннего действия (исходящие и входящие), так и двустороннего. В городских квазиэлектронных АТС используются соединительные линии одностороннего действия, в сельских АТС при малом числе линий в направлениях могут использоваться соединительные линии двустороннего действия.

К станционным комплектам относятся шнуровые комплекты ШК, служебные комплекты СК и комплекты приема и передачи информации (приемники Пр и передатчики Пер). Шнуровые комплекты используются при внутристанционной связи. Служебные комплекты обеспечивают передачу абонентам акустических сигналов и посылку вызова. Комплекты передачи информации принимают от абонента сигналы набора номера (приемники) и передают накопленные цифры номера на встречные АТС (передатчики). На АТСКЭ могут использоваться приемники и передатчики нескольких типов: шлейфные, батарейные, многочастотные.

От способа построения коммутационного поля во многом зависят способ включения линий и комплектов, способ установления соединения, а также работа управляющих устройств. В квазиэлектронных АТС с общим коммутационным полем в основном используются два способа включения линий и комплектов (рис. 1.2):

1) абонентские линии включаются с одной стороны КП, а соединительные линии и различные комплекты — с другой (рис. 1.2, *а*);

2) все линии и комплекты включаются с одной стороны коммутационного поля, а станционные комплекты — с другой (рис. 1.2, *б*).

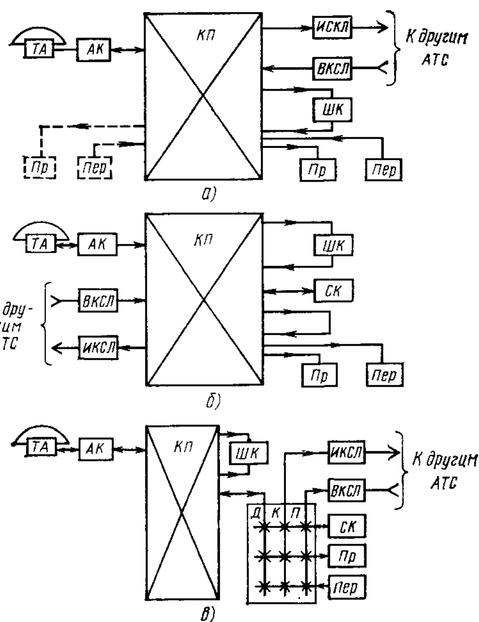


Рис. 1.2. Структурные схемы АТС с общим коммутационным полем:
а) линии включаются с обеих сторон; *б*) линии включаются с одной стороны; *в*) включается дополнительное КП

Первый способ включения применяется на оконечных городских станциях, предназначенных для работы на телефонных районированных се-

тях большой емкости, где замыкающаяся внутри станции и транзитная нагрузки малы (единицы процентов) и в основном обслуживаются исходящая и входящие нагрузки. Такой способ включения линий в коммутационное поле обеспечивает высокую концентрацию (до 8 : 1). Линии приемопередающих устройств при этом способе иногда включают в обе стороны КП: справа — для подключения к абонентским линиям, слева — для подключения к соединительным линиям (показано пунктиром).

Второй способ включения целесообразен в станциях средней и малой емкостей (10 000—15 000 номеров), предназначенных для использования на малых телефонных сетях. В этих станциях, как правило, велики внутристанционная и транзитная нагрузки. Кроме того, большой процент составляют соединительные линии. Типичным примером таких станций являются центральные АТС сельских телефонных сетей и АТС нерайонированных городских телефонных сетей. Абонентские и соединительные линии включаются в одни и те же коммутационные блоки и распределяются по этим блокам таким образом, чтобы создать равномерную нагрузку на блок. С другой стороны коммутационного поля коммутационные блоки соединяются промежуточными линиями. Такие коммутационные поля часто называют свернутыми. В свернутых коммутационных полях концентрация или совсем отсутствует (1 : 1), или мала (2 : 1).

Шнуровые комплекты при обоих способах включения участвуют только во внутристанционных соединениях, и их число невелико. При исходящих и входящих внешних соединениях ШК не участвуют, а соединение осуществляется через соответствующий комплект соединительной линии. Из комплекта соединительной линии обеспечивается электропитание микрофона телефонного аппарата.

Рассмотренные способы включения линий требуют переустановления соединений.

В АТСКЭ большой емкости с целью уменьшения числа переустановлений соединений возможно введение дополнительного коммутационного поля ДКП (рис. 1.2,*в*). Не нарушая установленного соединения в основном коммутационном поле, в соединение включают служебные комплекты и приемопередающие устройства (Пр и Пер), при этом подключение может быть сделано раздельно в сторону как абонентской линии, так и соединительной линии [111].

Одним из достоинств введения ДКП по сравнению с использованием ступени регистрового искания является то, что схемы комплектов не изменяются, линейные комплекты, как и раньше (см. рис. 1,2, *а* и *б*), имеют по одному входу и выходу, второй вход в комплектах не требуется (ср. ИШК на рис. 1.3).

В некоторых АТСКЭ коммутационное поле делят на две ступени: абонентского искания АИ и группового искания ГИ (рис. 1.3). Между этими ступенями включаются исходящие ИШК и входящие ВШК шнуровые комплекты. Абонентские линии вклю-

чаются в блоки ступени АИ, а соединительные — в блоки ступени ГИ. Через отдельную ступень (ступень регистрового искания — РИ) к ИШК подключаются приемопередающие устройства. Об-

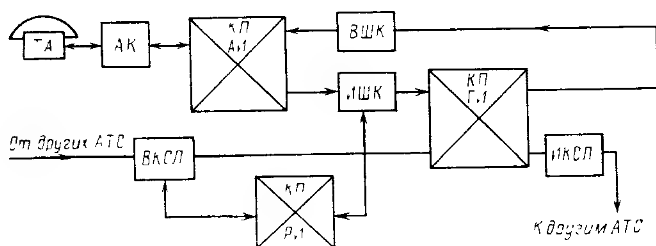


Рис. 1.3. Структурная схема коммутационного поля с двумя ступенями искания

служивание вызовов осуществляется без переустановления соединений. Искание свободных промежуточных путей, как правило, производится раздельно на каждой ступени (АИ и ГИ). Внутри ступени оно является обусловленным.

В этих АТС процесс установления соединения проще, уменьшена нагрузка на управляющие устройства, а электропитание микрофонов телефонных аппаратов может осуществляться только из шнуровых комплектов. Но при равных условиях (емкость, нагрузка, качество обслуживания) значительно увеличиваются число шнуровых комплектов и объем оборудования коммутационного поля. На ступени РИ требуется коммутация удвоенного по сравнению со ступенями АИ и ГИ числа проводов.

В АТСКЭ с программным управлением в качестве управляющих устройств (рис. 1.4) используются электронные управляющие

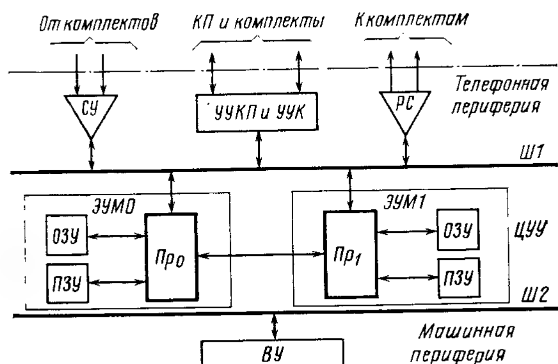


Рис. 1.4. Структурная схема управляющих устройств квазиэлектронных АТС

машины ЭУМ. Поскольку ЭУМ должна обслуживать большое число входов и выходов АТС без заметной задержки, то она должна работать в реальном времени. Информация на входы АТС поступает довольно медленно, поэтому целесообразна работа с

разделением во времени. В этом случае одна ЭУМ обслуживает поочередно большое число входов и тем самым достигается экономичное построение управляющих устройств. Управляющие устройства квазиэлектронных АТС по существу являются многопрограммными (мультипрограммными) управляющими многомашинными комплексами, работающими в реальном времени с разделением во времени. Создание таких комплексов возможно только на основе вычислительных машин третьего и последующих поколений (построены на полупроводниковых интегральных схемах и имеют соответствующее программное обеспечение). Для надежности ЭУМ дублируются.

Электронная управляющая машина содержит процессор Пр и запоминающие устройства: оперативное ОЗУ, в котором хранится текущая информация, и программное ПЗУ, в котором хранится программа работы станции. Процессор выполняет все логические операции. Системой внутримашинных шин он связан с запоминающими устройствами, через шины Ш1 — с периферийными управляющими устройствами (телефонная периферия) и через Ш2 — с внешними устройствами (машинная периферия).

Периферийные управляющие устройства ПУУ обеспечивают связь ЦУУ, работающего с низкими уровнями сигналов (доли вольта) и большой скоростью (микросекунды), с коммутационным полем и комплектами, работающими с сигналами более высокого уровня (вольты и десятки вольт) и значительно меньшей скоростью (миллисекунды). С помощью определителей, или сканирующих устройств СУ, ПУУ следят за состоянием линий и комплектов и обмениваются информацией с ЦУУ. Через устройства управления блоками коммутационного поля УУКП и управления комплектами УУК процессор управляет работой КП и комплектов. Сигналы в линии ЦУУ передает через распределитель сигналов РС. Периферийные управляющие устройства принимают команды от ЦУУ в цифровом виде, расшифровывают их и соответствующим образом управляют действиями приборов КП и комплектов (включают или выключают их).

Внешние устройства обеспечивают связь технического персонала с ЭУМ. Для этих целей в основном используется телетайп. Кроме того, на внешних устройствах (магнитных барабанах, дисках и лентах) хранятся редко используемые программы и данные.

Наличие управляющей машины и программного управления позволяет при связи между АТС применять эффективный и экономичный способ передачи сигналов взаимодействия и управления — общий канал сигнализации ОКС. При использовании ОКС канал передачи всех сигналов можно отделить от каналов передачи речевой информации. Это, с одной стороны, упрощает построение линейных комплектов, а с другой стороны, позволяет улучшить качество каналов передачи. Для ОКС предусматривается специальное оборудование, которое может подключаться к ЦУУ через шины Ш1 на правах ПУУ или через шины Ш2 на правах ВУ (см. рис. 1.1).

В квазиэлектронных АТС с программным управлением используются электронные управляющие устройства с большой скоростью работы, позволяющие иметь одно управляющее устройство для АТС большой емкости (до 50—60 тыс. номеров или до 100 тыс. вызовов/ч). С увеличением емкости АТС использование общих управляющих устройств становится более эффективным и экономичным. Но с ростом емкости станции возрастает средняя длина абонентских линий и, следовательно, увеличиваются затраты на абонентские линии.

Для сокращения затрат на линейные сооружения при построении телефонных сетей используют линейные концентраторы и подстанции. Линейный телефонный концентратор (рис. 1.5) пред-

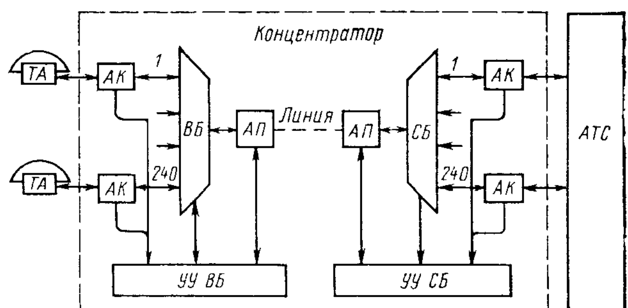


Рис. 1.5. Структурная схема линейного телефонного концентратора

ставляет совокупность двух блоков, связанных соединительными линиями: выносного блока, расположенного в месте концентрации телефонных аппаратов, и блока, установленного на АТС. Первый блок обеспечивает группе абонентов подключение к данной АТС по соединительным линиям.

Концентратор представляет собой самостоятельное устройство, которое разрабатывается таким образом, чтобы его можно было включать в АТС различных систем. Известны электронные концентраторы на 240 абонентских линий, в которых связь вынесенного блока ВБ со станционным блоком СБ осуществляется с использованием аппаратуры цифровой передачи АП с ИКМ [95].

Телефонная подстанция (рис. 1.6) является частью оборудования АТС, вынесенного в место концентрации телефонных аппаратов, номера которых входят в нумерацию данной АТС. Подстанции могут быть с замыканием сообщения на подстанции и без него. В отечественной и зарубежной литературе подстанции без замыкания сообщения, особенно в электронных АТС, часто называют концентраторами.

Управление подстанциями может осуществляться несколькими способами. В простейшем случае каждая подстанция имеет свое управляющее устройство УУП, работающее независимо от центральной станции. Информация в УУП поступает по тем же

линиям, по которым передается речь. В этом случае на подстанции и АТС должны быть предусмотрены устройства, обеспечивающие подключение ко всем соединительным линиям УУП и УУ станции для приема и передачи информации. При установлении исходящего соединения от абонента, линия которого включена в

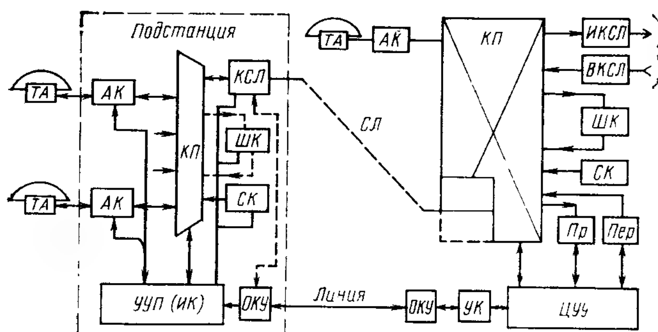


Рис. 1.6. Структурная схема подстанции и схема ее включения

подстанцию, УУП занимает свободную СЛ и подключают к ней абонентскую линию. Управляющее устройство станции определяет занятую СЛ и производит дальнейшие действия по установлению соединения.

При таком принципе работы УУП получается довольно сложным, так как наряду с исполнительными функциями оно выполняет и логические действия. Кроме того, в этом случае обусловленным исканием не охватывается подстанция и в полной мере не используются возможности общего программного управления.

В квазиэлектронных АТС при включении абонентских линий в подстанции, как правило, используются управляемые от АТС подстанции. Последние имеют управляющие устройства, которые выполняют только исполнительные функции. На АТС для каждой подстанции предусматривается отдельный управляющий комплект УК (на рис. 1.6 показан пунктиром), который связывается с устройствами управления подстанции отдельными линиями или каналами управления ОКУ. В качестве ОКУ могут быть использованы четырехпроводные физические линии или каналы систем передачи с частотным или временны́м разделением каналов.

При установлении соединения с абонентской линией, включенной в подстанции, УУ станции находит свободную соединительную линию к подстанции, имеющую доступ к требуемой абонентской линии (обусловленное искание), и подключает ее к вызывающей линии на АТС. Одновременно ЦУУ подключается к управляющему комплекту требуемой подстанции, передает ему всю необходимую информацию и освобождается. Управляющий комплект в свою очередь передает необходимые сведения и указания в исполнительный комплект ИК подстанции, который обеспечивает

подключение требуемой абонентской линии к ранее выбранной СЛ. При рассмотренном способе работы наряду с упрощением управляющего устройства подстанции упрощаются и комплекты соединительных линий КСЛ между АТС и подстанцией.

Включение подстанций оказывает существенное влияние на работу ЦУУ станции. Подстанция создает на ЦУУ бóльшую нагрузку, чем абонентская группа такой же емкости, включенная в общее коммутационное поле. Одной из причин является необходимость последовательной передачи информации на подстанцию.

1.2. Структурные схемы электронных АТС

Электронные АТС по принципу построения коммутационного поля могут быть разделены на две большие группы: с пространственным и временны́м разделением каналов.

Структурные схемы АТСЭ с пространственным разделением каналов практически ничем не отличаются от структурных схем АТСКЭ малой емкости. Построение тракта передачи на электронных элементах в АТСЭ с пространственным разделением связано со значительными трудностями, о которых будет сказано в дальнейшем, поэтому в данное время строятся АТСЭ с пространственным разделением только малой емкости и в основном для учрежденческих АТС.

В АТСЭ с временны́м разделением каналов могут использоваться различные виды импульсной модуляции, но во всех случаях требуются преобразование речевого тонального сигнала в импульсные на одной стороне тракта и обратное преобразование на другой стороне тракта. Во временны́х цифровых АТС требуются преобразование аналогового сигнала в цифровой и обратное преобразование. Эти преобразования экономически целесообразно осуществлять с помощью групповых устройств в два этапа. Таким образом, группа абонентских линий через аналоговое коммутационное поле (в некоторых АТСЭ через КП с амплитудно-импульсной модуляцией — АИМ) подключается к цифровым преобразователям. Для дальнейшей коммутации цифровых сигналов используется цифровое коммутационное поле. Наибольшее распространение в АТСЭ получило цифровое преобразование на основе ИКМ.

Структурная схема АТСЭ с использованием ИКМ приведена на рис. 1.7. Группа абонентских линий (в группе может быть от 100 до 1000—2000 линий) включается в подстанцию. Каждая подстанция имеет аналоговое (А) или цифровое (Ц) коммутационное поле и периферийные управляющие устройства ПУУ, которые общим каналом управления ОКУ связаны с ЦУУ станции.

Аналоговое КП может быть с пространственным разделением каналов, построенным на герконах (гезаконах) или электронных элементах, либо с временны́м разделением каналов на основе АИМ. Любая абонентская линия имеет полный доступ к аналого-цифровым преобразователям, которые включаются на выходе КП

(А). Цифровые тракты (СЛ с ИКМ) связывают преобразователи с КП (Ц) станции, где каждый тракт разделяется на цифровые каналы и обеспечивается взаимная коммутация каналов.

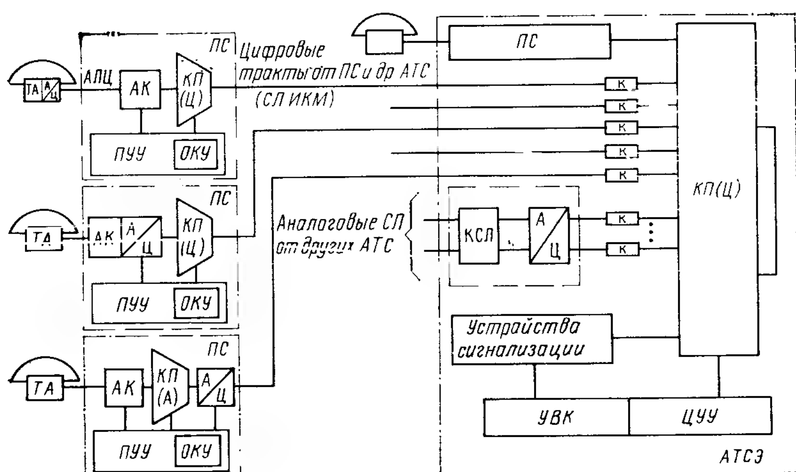


Рис. 1.7. Структурная схема цифровой АТС

Если на подстанции установлено цифровое КП, то оно цифровыми трактами непосредственно связывается с цифровым КП станции, а индивидуальные для каждой абонентской линии аналого-цифровые преобразователи устанавливаются в абонентских комплектах или в телефонном аппарате. В последнем случае используются цифровые абонентские линии АЛЦ.

По месту установки подстанции делятся на вынесенные, т. е. устанавливаемые вне помещения АТСЭ, и станционные, т. е. устанавливаемые в помещении АТС. Управляются подстанции всегда от АТС по выделенным линиям или каналам управления.

Вынесенные подстанции могут быть с замыканием и без замыкания внутренней нагрузки. На вынесенной подстанции должны быть установлены кросс для включения и защиты линий и устройства электропитания (выпрямители, аккумуляторная батарея). Подстанция, устанавливаемая в помещении АТС, питается от общестанционной электропитающей установки и использует общестанционный кросс. Управляющие устройства этой подстанции проще, чем вынесенной, и могут связываться с ЦУУ шинами или каналом управления.

Таким образом, на цифровых АТСЭ с временны́м разделением абонентские линии делятся на группы и включаются в подстанции, а подстанции связываются с АТСЭ групповыми трактами передачи.

На АТСЭ устанавливаются централизованные управляющие устройства, аналогичные ранее рассмотренным централизованным управляющим устройствам квазиэлектронных АТС. Коммутацион-

ное поле АТСЭ строится свернутым либо групповые тракты включаются с обеих сторон. Число таких трактов может достигать нескольких тысяч. Внутри станции сигналы ИКМ передаются двоичным кодом, по линиям — квазитроичным, поэтому на АТСЭ требуется преобразование кодов. Групповые тракты включаются в КП через согласующие комплекты К, с помощью которых осуществляются преобразование кода и выделение каналов из общего тракта. Иногда эти функции выполняются различными устройствами.

1.3. Принципы работы АТС с программным управлением

Принципы работы квазиэлектронных и электронных АТС (АТС с программным управлением) могут описываться несколькими способами. Наиболее распространенными в настоящее время являются описательные методы — естественный язык с дополнительными рисунками и цифровой информацией. Но описательные методы имеют ряд существенных недостатков, из которых наиболее важными являются неоднозначность и невозможность дальнейшей автоматической обработки.

Формализованные методы описаний могут быть графическими или аналитическими (буквенно-цифровыми). Международный консультативный комитет по телеграфии и телефонии (МККТТ) рекомендует графический метод описания работы АТС, основанный на диаграммах изменения состояний (язык спецификаций и описаний — ЯСО) [56]. Этот принцип описания легок в изучении и использовании в различных условиях. Он позволяет однозначно выявлять тенденции в развитии и определении технических требований при заказе оборудования, а также сравнивать различные системы АТС.

Язык спецификаций и описаний содержит следующие основные определения: элементы, состояния, переходы, решения и задачи.

Элементы являются сигналами и делятся на входные и выходные, каждый из которых может быть внутренним, передаваемым внутри блока, или внешним, передаваемым между блоками.

Состояние — условие, в котором ход процесса задерживается в ожидании входного элемента.

Переход — последовательность операций, происходящих при изменении состояния процесса в ответ на поступление входного элемента. Процесс всегда находится или в одном из состояний, или в условиях перехода.

Решение — действие во время перехода с целью выбора одного или нескольких путей продолжения перехода.

Задача — любое действие при определении прехода, но не решение и не входной элемент.

Для графического изображения указанных определений рекомендуется использовать представленные на рис. 1.8 изображения

(символы). При графическом изображении процесса каждый символ соединяется со следующим сплошной линией. Если за одним символом следует несколько символов, то они соединяются или одной линией с разветвлениями (расходимость) или отдельными линиями. Если за несколькими символами следует один символ,

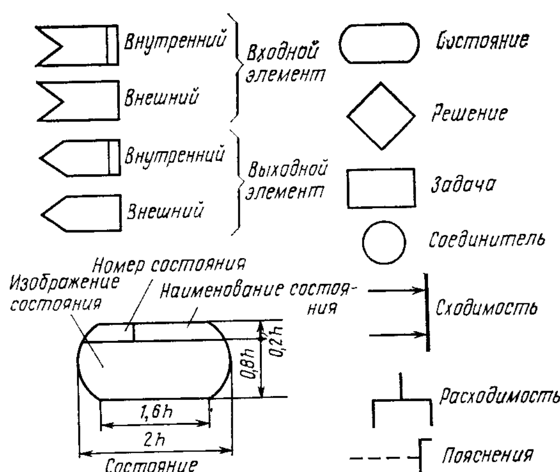


Рис. 1.8. Условные изображения (символы) для описания процессов обслуживания вызовов

то соединительные линии сходятся (сходимость). Сходимость изображается или вливающимися линиями, или несколькими линиями. При сходимости вливающиеся линии заканчиваются стрелками. Любому символу на рисунке может быть дано пояснение. Это пояснение от символа отделяется квадратной скобкой, которая связывается с символом пунктирной линией.

При графическом изображении процесса руководствуются следующими правилами. За символом состояния следуют только символы (один или несколько) входных элементов за символом входного элемента — только один символ состояния. За каждым символом входного элемента, выходного элемента и задачи следует только один любой символ, кроме символа входного элемента. За символом решения следуют два или более символов, которые не являются символами входных элементов. Текст, связанный с символами, должен по возможности располагаться внутри этих символов. Внутри символа состояния возможно размещение элементов изображения, которые приводят к более компактной и менее многословной диаграмме.

Процесс установления соединения в квазиэлектронной АТС (см. рис. 1.1) может быть описан с использованием рассмотренного способа следующим образом (рис. 1.9, Л1) (система находится в состоянии «Свободно»). При снятии абонентом А микротелефонной трубки МТ первоначально определяется, обслуживается ли эта абонентская линия или нет. Если линия обслуживает-

ся, то проверяется, имеет ли она доступ в КП (нет ли блокировки) к приемнику набора номера Пр соответствующего типа. Если линия не обслуживается, то абоненту посылается соответствующий сигнал, он вешает трубку и система приходит в исходное состояние («Свободно»). При блокировке абонент через некоторое время повесит микротелефонную трубку и система также возвратится в исходное состояние.

Когда есть свободный приемник, линия подключается к приемнику, абоненту посылается сигнал «Ответ станции» (ОС), включается устройство выдержки времени ВВ, контролирующее начало набора номера, и система ожидает поступления первой цифры. Возможны три варианта дальнейшей работы.

1. Абонент повесит микротелефонную трубку. В этом случае прекращается посылка сигнала ОС, отключается приемник, выключается устройство выдержки времени и система возвращается в исходное состояние.

2. Абонент долго не набирает первую цифру, срабатывает устройство ВВ, прекращается посылка сигнала ОС и отключается приемник. Дальнейшее прохождение процесса показано стрелкой к соединителю *2* и будет описано позже.

3. Абонент набирает первую цифру. Прекращается посылка сигнала ОС, выключается устройство выдержки времени. Принятая цифра анализируется.

Далее возможно несколько вариантов, ясных из рис. 1.9. Рассмотрим только два из них:

1. Цифр недостаточно для определения последующих действий. Включается устройство выдержки времени ВВ1 и ожидается следующая цифра. При поступлении следующей цифры ВВ1 выключается и система возвращается к анализу цифры. Чтобы не загромождать схему пересекающимися линиями, на рисунке это показано с помощью соединителя *1* и пояснения к нему.

2. Цифр достаточно для установления соединения. По анализу цифр установлено направление соединения.

Дальнейшее прохождение процесса рассмотрим применительно к установлению местного соединения. При приеме всех необходимых для установления местного соединения цифр отключается приемник, проверяется, свободна ли линия вызываемого абонента Б, нет ли в КП блокировки для установления соединения, и если блокировки нет, находится свободный путь для установления соединения между линиями абонентов А и Б. Этот путь резервируется, но не проключается. Затем в линию абонента Б посылается вызывной ток (посылка вызова ПВ), а в линию абонента А — сигнал «Контроль посылки вызова» (КПВ) и выключается устройство выдержки времени ВВ4. Система находится в состоянии посылки вызова.

Далее работа системы может проходить различным образом (см. рис. 1.9, Л2). Предположим, что абонент Б снимает трубку. Тогда прекращается ПВ и КПВ, выключается ВВ4, устанавливается соединение между абонентами А и Б, включается счетчик

Свободно
Абонент А снял МТ
Линия обслуживается?
Нет
Да
Линия не обслуживается
Ожидание, когда абонент А повесит МТ
Абонент А повесил МТ
Свободно
Блокировка?
Да
Нет
Линия в обслуживании
Абонент А повесил МТ
Свободно
Подключить Пр
Послать ОС
Включить ВВО
Ожидание первой цифры
Сигнал ВВО
Прекратить ОС
Отключить Пр
Л2 — 2
Абонент А повесил МТ
Прекратить ОС
Отключить Пр
Выключить ВВО
Свободно
Цифра
Прекратить ОС
Прекратить ВВО
Л1 — 1
Анализ цифр
Соединение к СС
Исходящее соединение
Цифр недостаточно
Местный вызов
Набран несуществующий номер
Включить ВВ1
Ожидание следующей цифры
Абонент А повесил МТ
Отключить Пр
Выключить ВВ1
Свободно
Сигнал ВВ1
Отключить Пр
2 — Л2
Цифра
Выключить ВВ1
1 — Л1
Отключить Пр
Линия свободна
Нет
Да
Блокировка
Да
Нет
Нахождение и резервирование пути для соединения абонентов А и Б
ПВ абоненту Б
КПВ абоненту А
Выключить ВВ4
Посылка вызова — Л2
Отключить Пр
2 — Л2

Рис. 1.9. Процесс обслуживания местного вызова [лист 1 (Л1) и лист 2 (Л2)]

разговора абонента А (для начисления оплаты). Система переходит в состояние разговора.

По окончании разговора микротелефонную трубку может повесить любой из абонентов. Последующее прохождение процесса зависит от возможностей системы и принятого в АТСКЭ способа отбоя. Если трубку вешает абонент А, то выключается счетчик А и при двустороннем отбое ожидается отбой со стороны абонента Б. Затем соединение нарушается. Если трубку вешает абонент Б, то включается устройство выдержки времени ВВБ и ожидается отбой со стороны абонента А. Предполагается, что абонент Б после ответа может переключать телефонный аппарат в другую розетку, т. е. шлейф абонентской линии в течение определенного времени разрывается. Превышение этого времени воспринимается как отбой, что контролирует ВВБ. При отбое абонента А выключаются счетчик А и ВВБ, после чего соединение нарушается.

В некоторых системах АТСКЭ, для того чтобы предохранить соединение от разрушения при случайных кратковременных нажатиях рычажного переключателя и других целей, обеспечивается возможность после кратковременного отбоя одного из абонентов, пока не дал отбоя другой абонент, снова снять микротелефонную трубку и продолжить прерванный разговор. Это на рисунке отражено двумя ветвями процесса.

Если соединение освобождается по окончании выдержки времени или абонент допустил другие неправильные действия (не полностью набрал номер, набрал несуществующий или неразрешенный номер и т. д.), то абоненту посылается специальный сигнал, указывающий на его неправильные действия. Этот сигнал может быть акустическим или разъяснения даются «механическим голосом», в отдельных случаях абонентская линия подключается к столу оператора.

Установление соединения на АТСЭ рассмотрим с использованием диаграмм состояний, приведенных на рис. 1.10. В исходном состоянии (состояние О—СО) микротелефонная трубка лежит на телефонном аппарате. При снятии ее абонентом А вызов с подстанции поступает в ЦУУ АТС. Проверяется, может ли быть обслужен абонент А. Если нет, то отмечается неисправность (Н1) и ожидается, когда абонент А повесит трубку (С8). Если абонент может быть обслужен, то проверяется, есть ли путь в КП для подключения приемника Пр. При отсутствии пути система переходит в состояние С9 и ожидает, когда абонент А повесит трубку. После этого система возвращается в исходное состояние СО. Если блокировки нет, то подключается приемник и абоненту передается сигнал «Ответ станции», включается ВВО. Принятая первая цифра анализируется, и определяется направление установления соединения. Если одной цифры для этого недостаточно, то ожидается вторая цифра (С2), и далее процесс приема и анализа следующих цифр происходит циклически. Если абонент набрал несуществующий номер или задержал набор следующей цифры (сработало ВВО или ВВ1), то система переходит в состояние

Абонент А снял МТ

МТА

Станционное оборудование абонента А

Приемник цифр

Пр

Путь подключен

Путь в КП зарезервирован, подготовлен, но не проключен

$\overline{МТБ}$

Абонент Б не снял МТ

Станционное оборудование абонента Б

Комплект посылки вызова

ПВ

А — Для абонента А учитывать разговор

ВВ0 — Включена выдержка времени ВВ0

Н1 — Внешнее сообщение „Состояние неисправности 1“

Рис. 1.10. Процесс обслуживания вызова в электронной АТС с использованием диаграмм состояний:

$\overline{МТ}$ — микротелефонная трубка повешена; МТ — микротелефонная трубка снята; Ц — новая цифра принята; $\overline{Ц}$ — новая цифра не принята; ВВ — включена выдержка времени; $\overline{ВВ}$ — выдержка времени сработала

С3 — посылка тонального сигнала С. Если абонент А даст отбой на любом этапе установления соединения до ответа вызываемого абонента, то система приходит в исходное состояние.

При установлении местного соединения, когда принят полный номер телефонного аппарата абонента Б, проверяется, свободна ли его абонентская линия и нет ли блокировки соединительных путей для установления соединения (коммутационного поля АТС и подстанций, соединительных линий). Затем в линию абонента Б посылается сигнал вызова, а в линию абонента А — сигнал «Контроль посылки вызова» (С4). Когда абонент Б снимет микротелефонную трубку, устанавливается соединение (С5). При отбое одного абонента ожидается поступление отбоя со стороны другого абонента и затем соединение нарушается.

Рассмотренные принципы установления местного соединения в АТСКЭ и АТСЭ отражают общий характер установления соединений и дают общее представление о возможностях АТС и методе описания, но в данном конкретном случае не выявляют структурных особенностей этих станций. При необходимости отдельные участки диаграмм могут быть расширены и представлены более подробно до такой степени, как это небходимо для разработки

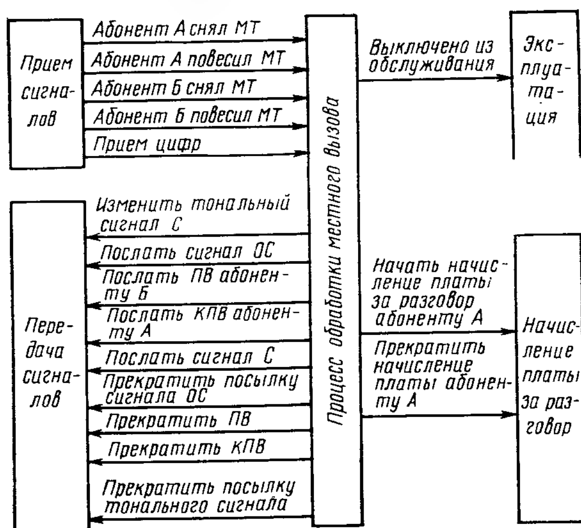


Рис. 1.11. Взаимосвязь функциональных блоков при обслуживании вызова

программ. Рассмотренные диаграммы рекомендуется дополнять диаграммой взаимосвязи функциональных блоков (рис. 1.11), показывающей, какие сигналы передаются при обслуживании вызова.

1.4. Внутристанционный тракт передачи

1.4.1. Построение внутристанционного тракта передачи

Тракт передачи информации в телефонной сети является составным. В него входят два акустических участка (ото рта говорящего абонента до микрофона и от телефона до уха слушающего абонента), два электроакустических преобразователя (микрофон и телефон) и несколько участков передачи электрических сигналов (два телефонных аппарата, две абонентские линии АЛ, различные коммутационные устройства: концентраторы К, подстанции ПС, станции, узлы и соединительные линии СЛ между ними), составляющих электрический канал связи.

При международной связи соединение содержит три участка: два на национальных сетях и один на международной (рис. 1.12).

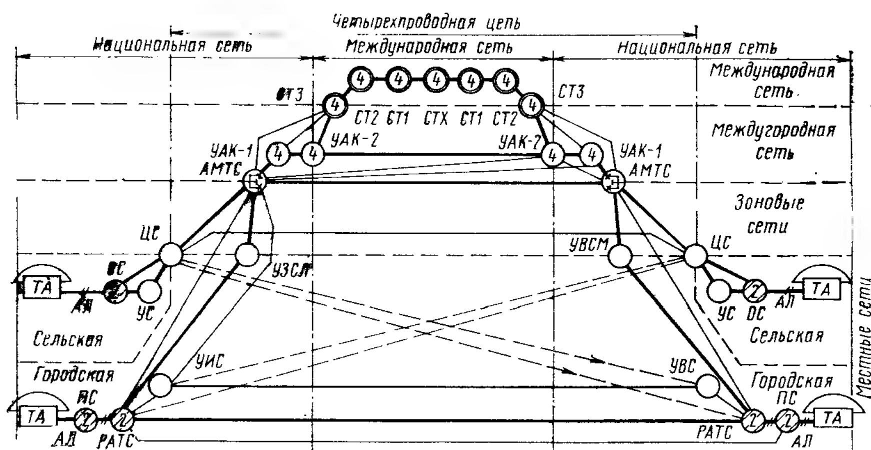


Рис. 1.12. Принцип организации связи на телефонной сети

На национальной сети в соединение входят участки местной (абонентский телефонный аппарат — ТА; абонентская линия — АЛ; местная станция — РАТС) и междугородной сетей [53]. На национальной сети кроме местных АТС используются транзитные станции с двухпроводной коммутацией, транзитные станции с двух- или четырехпроводной коммутацией, обеспечивающие переход с двухпроводного тракта на четырехпроводный, а также четырехпроводные транзитные станции. В больших странах в междугородном соединении могут быть включены четыре или пять национальных коммутационных узлов. На международном участке может быть несколько типов транзитных станций (СТХ, СТ1, СТ2, СТ3), обеспечивающих четырехпроводную коммутацию.

В соединении, установленном между двумя абонентами местной телефонной сети, максимально может быть до шести комму-

тационных узлов связи и семи участков линий на ГТС ($АБ_1$ — ПС — РАТС — УИС — УВС — РАТС — ПС — $Аб_2$), СТС ($Аб_1$ — ОС — УС — ЦС (УСП) — УС — ОС — $Аб_2$) и на комбинированной ГТС и СТС ($Аб_1$ — ПС — РАТС — УИС — ЦС (УСП) — УС — ОС — $Аб_2$) и максимально до 12 узлов связи при междугородном соединении ($Аб_1$ — ПС — РАТС — УИС (или УЗСЛ) — АМТС — УАК-2 — УАК-1 — УАК-1 — УАК-2 — АМТС — УВСМ — РАТС — ПС — $Аб_2$). В отдельных случаях как при местных, так и при междугородных соединениях число узлов связи, участвующих в соединении, может быть меньше, что на рис. 1.12 показано тонкими линиями.

На каждом коммутационном узле сети связи, в основном на коммутационной станции (АТС), в тракт передачи информации могут включаться устройства, необходимые для контроля за состоянием этого тракта, приема и передачи линейных сигналов и электропитания оконечных абонентских устройств. Эти устройства могут находиться в шнуровых и линейных комплектах.

Внутристанционный тракт передачи информации проходит от входа канала связи в кросс до выхода из него другого участвующего в соединении канала. В зависимости от структурной схемы АТС внутристанционный тракт передачи ВСТП может включать в себя различные станционные устройства. Так, при структурной схеме без разделения на ступени искания (см. рис. 1.1) во внутристанционный тракт входят (рис. 1.13):

при внутристанционном соединении: кросс ($АЛ_1$) — $АК_1$ — КП — ШК — КП — $АК_2$ — кросс ($АЛ_2$);

при исходящем соединении: кросс ($АЛ_1$) — $АК_1$ — КП — ИКСЛ — кросс (СЛ);

при входящем соединении: кросс (СЛ) — ВКСЛ — КП — $АК_2$ — кросс ($АЛ_2$).

Если АТС построена по структурной схеме с двумя ступенями искания (см. рис. 1.3), то внутристанционный тракт образуют:

при внутристанционном соединении: кросс ($АЛ_1$) — $АК_1$ — КП АИ — ИШК — КП ГИ — ВШК — КП АИ — $АК_2$ — кросс ($АЛ_2$);

при исходящем соединении: кросс ($АЛ_1$) — $АК_1$ — КП АИ — ИШК — КП ГИ — ИКСЛ — кросс (СЛ);

при входящем соединении: кросс (СЛ) — ВКСЛ — КП ГИ — ВШК — КП АИ — $АК_2$ — кросс ($АЛ_2$).

Аналогичные внутристанционные тракты имеют и электронные АТС без подстанций.

Более сложно построен внутристанционный тракт АТСЭ с подстанциями (см. рис. 1.7). В этом случае в состав внутристанционного тракта входят:

при внутристанционном соединении: кросс ($АЛ_1$) — $АК_1$ — КП $ПС_1$ — А/Ц — канал ИКМ — К — КП станции — К — канал ИКМ — А/Ц — КП $ПС_2$ — $АК_2$ — кросс ($АЛ_2$);

при исходящем и входящем соединениях: кросс ($АЛ_1$) — $АК_1$ — КП $ПС_1$ — А/Ц — канал ИКМ — К — КП станции —

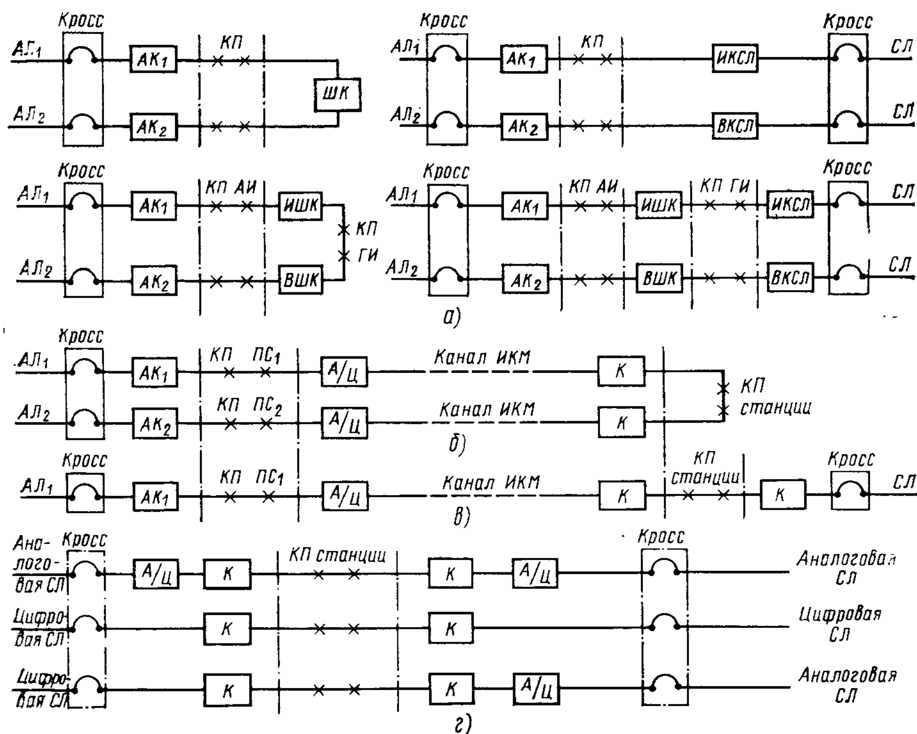


Рис. 1.13. Различные виды внутристанционных трактов передачи АТС:
а) без разделения на ступени искания; *б*) с разделением на ступени искания;
в) с подстанциями; *г*) при транзитном соединении

К — кросс (СЛ к другим станциям). Для осуществления перехода от аналогового сигнала к цифровому сигналу ИКМ нужен полный комплекс аппаратуры ИКМ, но иногда для сокращения этот комплекс называют аналого-цифровым преобразователем (А/Ц).

При транзитном соединении на АТСЭ или узле в состав внутристанционного тракта могут входить:

если обе СЛ аналоговые: аналоговая СЛ — кросс — А/Ц — К — КП станции — К — А/Ц — кросс — аналоговая СЛ;

если обе СЛ цифровые: цифровая СЛ — кросс — К — КП станции — К — кросс — цифровая СЛ;

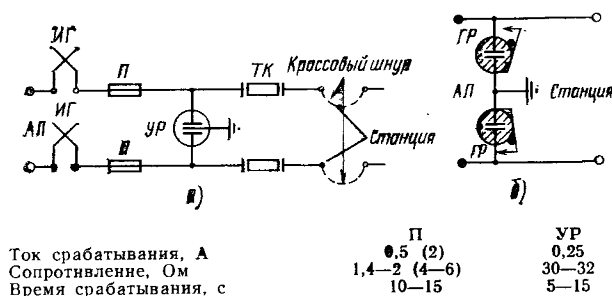
если одна СЛ цифровая, а вторая физическая аналоговая: цифровая СЛ — кросс — К — КП станции — К — А/Ц — кросс — аналоговая СЛ.

При внутристанционном соединении на АТСЭ с временны́м разделением каналов (ВРК) тракт передачи можно было бы считать состоящим из двух частей: ВСТП подстанции и ВСТП станции, причем последний рассматривать как транзитный. Однако такой подход отличался бы от подхода к АТСКЭ и АТСЭ других

видов и, кроме того, он был бы неудобен при рассмотрении параметров ВСТП.

Внутристанционный тракт передачи может содержать защитные устройства кросса, внутристанционные монтажные кабели, приборы линейных и станционных комплектов и коммутационного поля. На АТСЭ с ВРК к указанным устройствам добавляются приборы аналого-цифровых и цифроаналоговых Ц/А преобразователей (кодеров и декодеров).

В настоящее время во многих АТСКЭ и АТСЭ используется оборудование существующих кроссов с их испытательными гнездами ИГ, шнурами и защитными устройствами: предохранителями П, термическими катушками ТК и угольными разрядниками УР, имеющими малую чувствительность и большое время срабатывания (рис. 1.14, *а*). Для эффективной защиты полупроводниковых



	П	УР
Ток срабатывания, А	0,5 (2)	0,25
Сопротивление, Ом	1,4—2 (4—6)	30—32
Время срабатывания, с	10—15	5—15

Рис. 1.14. Защитные устройства кросса

устройств АТСКЭ и АТСЭ разрабатываются более чувствительные защитные устройства, в которых используются газонаполненные разрядники. Представленный фирмой «Ситель» на выставке «Связь-81» кросс содержит элементы защиты, состоящие из двух металлических газонаполненных разрядников ГР (рис. 1.14, *б*). Каждый разрядник имеет наружный контакт, укрепленный на корпусе разрядника. Контакт опирается на шарик из легкоплавкого металла. При вставлении защитного элемента в кросс один электрод разрядника (корпус) соединяется с заземлением, а второй — с линией. При появлении на линии высокого напряжения ГР зажигается и линия через разрядник соединяется с заземлением. Если телефонная линия касается линии электропередачи, разрядник также зажигается и при длительном протекании тока большой величины нагревается, шарик плавится и телефонная линия подключается к заземлению. Конструкция защитного элемента удобна для проверки линии, станционных устройств и разрядника.

Для обеспечения высокого качества связи к параметрам тракта передачи предъявляются определенные требования. Каждый параметр нормируется для всего тракта передачи, отдельно для его участков, в том числе и для ВСТП. Одна из особенностей, которую следует учитывать при построении тракта и измерении его пара-

метров, состоит в том, что через внутристанционный тракт должна обеспечиваться как передача переменного тока различных частот (передаваемая информация), так и подача постоянного тока для электропитания оконечных абонентских устройств. Напряжения и токи электропитания могут быть довольно значительными (напряжение минус 60^{+4}_{-2} В, ток — до 70 мА, в зарубежных АТС напряжение минус 48 В) и оказывать влияние на магнитные цепи тракта.

1.4.2. Методы оценки качества тракта передачи

Качество передачи речи является сложным субъективным понятием, зависит от многих факторов и в общем характеризуется разборчивостью, громкостью и естественностью звучания. Под качеством передачи понимается степень того, насколько телефонная система способна передавать и воспроизводить речь в условиях эксплуатации (МККТТ). Для точного воспроизведения речи на приемной стороне тракт передачи должен пропускать весь спектр речевых сигналов (16 Гц — 20 кГц) и не вносить искажений. Создание такого тракта дорого. Поэтому создают тракты передачи, позволяющие передавать речевую информацию с разборчивостью, достаточной для ведения делового разговора. Более качественные тракты используются для передачи программ проводного вещания.

Качество тракта можно оценивать одним обобщенным показателем или совокупностью большого числа электрических параметров. В общем случае МККТТ рекомендует оценивать тракт передачи по эквивалентам затухания (по громкости и по разборчивости) и по методу мнений.

Эквивалент затухания по громкости — это число децибел, на которое изменяются показания магазина затуханий в образцовой системе с тем, чтобы при одинаковой мощности голоса на входах образцовой системы и сравниваемого тракта получить одинаковое звуковое впечатление на их выходах. В качестве образцовой системы используется система NOSFER (Nouveaux systéme fondamentale pour la détermination des èquivalents de rèfèrence), хранящаяся в Международном союзе электросвязи (г. Женева, Швейцария). В отдельных странах имеются первичные образцовые системы с параметрами, минимально отличающимися от NOSFER. Для непосредственных измерений эквивалента затухания по громкости могут быть использованы вторичные образцовые системы. Измерение производится методом сравнения [10]. В схему измерения (рис. 1.15) входят микрофон М с усилителем У. Уровень

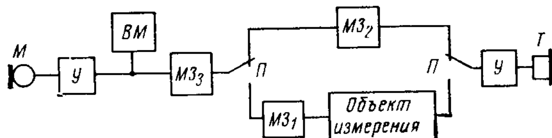


Рис. 1.15. Схема измерения эквивалента затухания по громкости

передаваемых сигналов измеряется волюметром ВМ. Магазины затуханий служат: $МЗ_1$ для уравнивания громкости в образцовой системе, $МЗ_2$ для установки так называемого секретного затухания (от 0 до 10 дБ) и $МЗ_3$ для регулировки эталонной системы (24 дБ). В измеряемом тракте с помощью резистора R и дросселя L обеспечивается протекание постоянного тока требуемой величины, а от измерительных приборов ВСТП отделяется конденсаторами C (рис. 1.16). Параметры дополнительных приборов (C, R и L) выбираются такими, чтобы максимально снизить их влияние на результаты измерений.

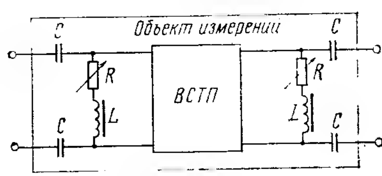


Рис. 1.16. Схема включения внутристанционного тракта передачи для измерений ($C \geqslant 30$ мкФ; $L \geqslant 10$ Гн; $R = 2000$ Ом)

Измерения могут производиться с помощью голоса и слуха специально подготовленных операторов, которые передают в тракт стандартные заранее определенные фразы с постоянной громкостью, соответствующей звуковому давлению 1 Н/м^2 (громкость контролируется прибором). На приемной стороне регулировкой магазина затухания стремятся добиться на слух одинаковой громкости передачи через испытуемый и образцовый тракты передачи. Метод достаточно сложен, требует больших затрат труда и времени. Некоторые упрощения, но с уменьшением точности могут быть достигнуты при использовании приборов (искусственного рта и искусственного уха), имитирующих усредненные речевые и слуховые характеристики операторов. Эквивалент затухания измеряется в децибелах (дБ). Он может быть положительным, если затухание в образцовой системе увеличивают, и отрицательным, если затухание в образцовой системе уменьшают. В первом случае испытуемая система менее эффективна, чем образцовая, а во втором — более эффективна.

Качество тракта передачи информации можно оценить по разборчивости передаваемой речи. Различают звуковую, слоговую словесную и фразовую разборчивость. Измерение разборчивости осуществляется путем артикуляционных испытаний. Определив при испытаниях один вид разборчивости, например слоговой, можно рассчитать другие виды разборчивости. Испытания проводят специально подготовленные артикуляционные бригады. Оценивается разборчивость в процентах правильно принятых слогов (слов) к общему числу переданных слогов (слов).

Для оценки разборчивости можно использовать также эквивалент затухания по разборчивости (см. рис. 1.15). Эквивалент затухания по разборчивости — это разность затуханий между испытуемой и эталонной системами при обеспечении в обеих системах одинаковой разборчивости (80%). В качестве образцовой системы разборчивости используется хранимая в Международном союзе электросвязи система SRAEN (Systeme de référence pour la détermination des affaiblissement èquivalents pour la nettete). Уста-

новлено, что звуковая разборчивость в 80% случаев соответствует слоговой и словесной разборчивости соответственно в 50 и 96% случаев. Эквивалент затухания по разборчивости оценивается в децибелах. Чем меньше эквивалент затухания по разборчивости, тем лучше испытуемая система. При отрицательном эквиваленте затухания по разборчивости испытуемая система лучше образцовой. Измерения эквивалента затухания по разборчивости проводятся при определенных условиях — шум в помещении приема 60 дБ или шум в тракте передачи 1 мВ псоф.

Обе эталонные системы NOSFER и SRAEN построены на основе эталонной аппаратуры для определения характеристик качества передачи ARAEN (Appareil de référence pour la détermination des affaiblissement équivalents pour la nettete).

Для приближения к обычным условиям передачи МККТТ рекомендует оценивать качество тракта передачи методом мнений. Согласно этому методу отбирают группу абонентов с нормальными слухом и речью, которые ведут разговоры на произвольную тему, а затем качество передачи оценивают по пятибальной системе.

Характеристика качества	*Балл*
Полное отсутствие напряжения при разговоре	4
Следует быть внимательным без особого напряжения	3
Разговор возможен при умеренном напряжении	2
Разговор возможен, но требует заметного напряжения	1
Разговор возможен, но с очень большим напряжением	0

Рассмотренные методы оценки качества тракта передачи позволяют сделать достаточно точную оценку тракта в целом, но требуют больших затрат труда и времени. Кроме того, они мало пригодны для оценки отдельных участков передачи из-за малых допустимых величин эквивалентов затуханий на эти участки, в частности для внутристанционного тракта передачи. Применение этих методов в эксплуатационных условиях также затруднено. Поэтому они в основном используются для оценки тракта передачи при его разработке. Все аспекты качества телефонной передачи и его оценки подробно рассмотрены в [10].

1.4.3. Электрические параметры тракта передачи

Для эксплуатационных оценок отдельных участков тракта передачи, в том числе и внутристанционного, используются методы, основанные на оценке электрических параметров. К таким параметрам относятся:

номинальная величина затухания (на частоте 800 или 1000 Гц) и его нестабильность во времени;

амплитудно-частотная характеристика;

амплитудная характеристика;

затухание асимметрии (относительно «земли»);

переходное затухание между трактами;

входное и выходное сопротивления или затухание несогласованности;

мощность шума (взвешенного и невзвешенного);

групповое время прохождения сигнала (отклонение группового времени от его значения на частоте 1900 Гц);

коэффициент ошибок передачи двоичных сигналов и импульсные помехи.

Внутристанционный тракт передачи АТСКЭ и АТСЭ с пространственным КП можно рассматривать как пассивный симметричный уравновешенный линейный четырехполюсник. Пассивность определяется тем, что во внутристанционном тракте передачи отсутствует усиление, а симметричность — равенством параметров всех элементов по обеим сторонам вертикальной оси, проведенной через центр четырехполюсника. Уравновешенность состоит в том, что параметры элементов, расположенных симметрично по отношению к «земле», одинаковы, т. е. внутристанционный тракт передачи имеет продольную симметрию. Во внутристанционном тракте передачи используются элементы (резисторы, конденсаторы, дроссели, диоды и другие полупроводниковые приборы), имеющие такие параметры и работающие в таких режимах, при которых в спектре передаваемых частот и проходящих токов их амплитудные и амплитудно-частотные характеристики можно считать линейными.

Затухание. Процесс передачи энергии по внутристанционному тракту в первую очередь характеризуется постоянной передачи g, которая определяется логарифмом отношений кажущихся мощностей (в комплексном виде) на входе и выходе тракта, когда последний нагружен сопротивлением, равным характеристическому:

$$g = 10 \lg \frac{U_0 I_0}{U_l I_l},$$

где U_0 и I_0 — напряжение и ток на входе тракта; U_l и I_l — напряжение и ток на выходе тракта.

Постоянная передачи является комплексной величиной

$$g = b + \mathrm{i}\, a,$$

где b — постоянная затухания или собственное затухание тракта; a — фазовая постоянная.

Если нагрузка ВСТП не согласована с его характеристическим сопротивлением, то появляется дополнительная потеря мощности из-за отражений на входе и выходе. В этом случае ВСТП характеризуется рабочим затуханием, которое равно сумме собственного затухания b, затуханий вследствие отражений на входе b_{01} и выходе b_{02} и затухания вследствие взаимодействия отражений на входе и на выходе b_{03}: $b_р = b + b_{01} + b_{02} + b_{03}$.

Вносимое затухание характеризует отношение между мощностью P'_2, воспринимаемой приемником при непосредственном включении его на генератор, и той мощностью P_2, которую воспримет приемник при его включении через ВСТП:

$$b_i = 10 \lg (P'_2/P_2); \quad b_i = b + b_{01} + b_{02} + b_{03} - b_{04},$$

где b_{04} — затухание вследствие несогласованности внутреннего сопротивления генератора и сопротивления приемника.

Вносимое затухание является более общим критерием оценки потерь мощности в ВСТП и дает качественную оценку действительно происходящим изменениям условий передачи в тракте при включении ВСТП. Вносимое затухание равно собственному, когда нагрузка на входе и выходе согласована с характеристическим сопротивлением и когда сопротивление приемника равно внутреннему сопротивлению генератора. При сопротивлении приемника, равном внутреннему сопротивлению генератора, вносимое затухание равно рабочему. Поскольку при измерении пользуются измерительными приборами с внутренним сопротивлением, равным 600 Ом (или его приводят к этому значению), то измеренное рабочее затухание ВСТП равно вносимому затуханию.

Измерение рабочего затухания ВСТП (рис. 1.17) производится методом Z с использованием схемы сравнения [61]. Генератор Г

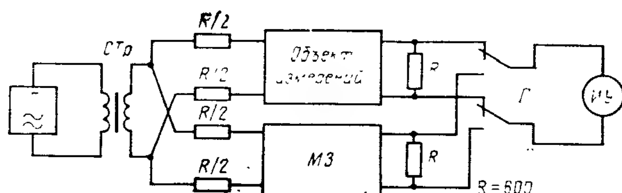


Рис. 1.17. Схема измерения рабочего затухания внутристанционного тракта передачи

включается через симметрирующий трансформатор СТр. При симметричности выхода Г трансформатор можно не включать. На входе объекта измерения (ВСТП с удерживающими устройствами) и магазина затухания (МЗ) включаются сопротивления $R/2$, а на выходе — R. На выходе через переключатель П подключается высокоомный индикатор уровня ИУ. От генератора на вход подается переменный ток частотой 800 Гц и уровнем 0 дБ. Регулировкой МЗ на выходе добиваются одинаковых показаний в обоих положениях переключателя П. В этом случае рабочее затухание ВТСП будет равно затуханию МЗ. Точность измерений зависит от точности градуировки магазина затуханий.

Таким же образом нормируется нестабильность вносимого (рабочего) затухания на частоте 800 Гц во времени — в виде среднеквадратического отклонения, которое вычисляется следующим образом. Производится n измерений рабочего затухания на частоте 800 Гц и вычисляются разности между измеренными величинами и номинальной (заданной) величиной: $\Delta_i = b_i - b_н$. Среднеквадратическое отклонение находится по формуле $\delta = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (\Delta_i)^2 / n}$.

Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) показывает изменение рабочего затухания в спектре передаваемых частот (от 0,3 до 3,4 кГц). Для построения этой характеристики ранее указанным методом (см. рис. 1.17) измеряются рабочие затухания на

частотах 0,3; 0,4; 0,6; 0,8; 2,4; 3,0 и 3,4 кГц. При нормировании задается максимально допустимый диапазон отклонения АЧХ во всей полосе передаваемых частот. Амплитудно-частотная характеристика должна находиться внутри шаблона. Нормы на АЧХ могут быть также заданы в виде абсолютных значений вносимого затухания в определенном диапазоне частот.

Амплитудная характеристика показывает зависимость уровня сигнала на выходе внутристанционного тракта от уровня сигнала на его входе. Для измерения амплитудной характеристики (рис. 1.18) на вход этого тракта подается переменный ток часто-

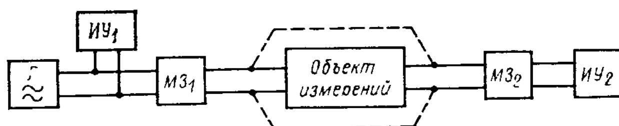


Рис. 1.18. Схема измерения амплитудной характеристики внутристанционного тракта передачи

той 0,8 кГц с различными измерительными уровнями — от минус 36 до плюс 10 дБ. Величина уровня на входе определяется индикатором уровня ИУ$_1$, а на выходе — ИУ$_2$. На входе МЗ$_1$ и выходе МЗ$_2$ поддерживается постоянный уровень переменного тока, а регулировка тока через ВСТП осуществляется магазинами затухания, что повышает точность измерений. Первоначальная установка уровней на индикаторах ИУ$_1$ и ИУ$_2$ производится при выключенном объекте измерений (показано пунктиром).

Затухание асимметрии. Различные производственные допуски на элементы, подключаемые к разговорным проводам ВСТП, и неточности при монтаже станционного оборудования приводят к появлению асимметрии тракта. Кроме того, причиной возникновения асимметрии могут быть абонентские и соединительные линии за счет различного сопротивления жил проводов, сопротивления изоляции, емкости, индуктивности. Наличие асимметрии в тракте передачи снижает его помехозащищенность, в особенности при значительной разности потенциалов заземлений.

Измерение асимметрии ВСТП следует производить при условиях, соответствующих наихудшим реальным условиям. Схема измерения должна обеспечивать прохождение в ВТСП токов электропитания абоиентских оконечных устройств. При измерении рекомендуется использовать измерительный трансформатор ИТр,

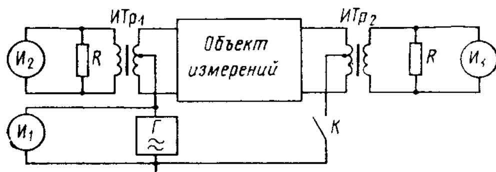


Рис. 1.19. Схема измерения асимметрии внутристанционного тракта передачи

имеющий вывод со средней точки (рис. 1.19). В среднюю точку включается генератор Г, напряжение которого устанавливается на нулевой уровень. Напряжения U_2 и U_3 на входе и выходе ВСТП,

определяющие асимметрию ВСТП, измеряются на зажнмах 600-омных резисторов R. Ключ К позволяет измерить напряжение помех в двух режимах: при замкнутой и разомкнутой цепях генератора. В качестве показателя асимметрии берется худшее значение. Асимметрия на ближнем и дальнем концах тракта определяется по формулам, %,

$$A_0 = \frac{U_1}{U_2} \cdot 100 \quad \text{и} \quad A_l = \frac{U_1}{U_3} \cdot 100.$$

Чаще определяют затухание асимметрии в децибелах:

$$A_0 = 20 \lg \frac{U_1}{U_2} \quad \text{и} \quad A_l = 20 \lg \frac{U_1}{U_3}.$$

Поскольку для ВСТП A_0 и A_l практически одинаковы, то нормируется и измеряется только асимметрия на ближнем конце.

При измерениях необходимо следить за снмметричностью измерительной схемы (трансформаторов). Затухание асимметрии измерительной схемы должно быть больше измеряемой асимметрии не менее чем на 10 дБ.

Переходное затухание между трактами. При передаче сигналов по одному из трактов из-за гальванической, электрической и электромагнитной связей, а также вследствие асимметрии тракта в соседних трактах наводятся посторонние ЭДС, которые могут восприниматься как внятные переходные разговоры или шумы. Различают переходные влияния на ближнем и дальнем концах тракта передачи (для внутристанционного тракта не делается различия между его концами). Для снижения взаимного влияния между трактами на АТС разговорные провода скручивают и обеспечивают симметричность тракта по отношению к «земле». Величина, характеризующая взаимное влияние между трактами, называется переходным затуханием.

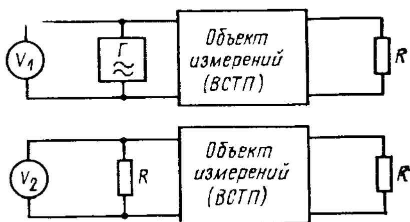


Рис. 1.20. Измерения переходного затухания

Для измерения переходного затухания на АТС устанавливают два соединения (рис. 1.20), причем желательно по соседним трактам. К первому (влияющему) тракту с одной стороны подключают генератор Г, а с другой — резистор R. Ко второму тракту (подверженному влиянию) с обеих сторон подключают резисторы R (600 Ом). Измерения проводят на частотах 0,3; 0,8 и 3,0 кГц в часы наименьшей нагрузки. В тракте, подверженном влиянию, напряжение измеряют селективным вольтметром, настроенным на частоту генератора. Переходное затухание, дБ,

$$b_{\text{пер}} = 20 \lg \frac{U_1}{U_2}.$$

Входное и выходное сопротивления. Для уменьшения вносимого затухания входное и выходное сопротивления ВСТП согла-

суются с сопротивлениями соединяемых с трактом линий и устройств. Если в тракте передачи для коммутации используются металлические контакты, имеющие малые омическое и индуктивное сопротивления и малую емкость, то входное и выходное сопротивления такого тракта равны сопротивлению нагрузки. В электронных АТС внутристанционный тракт передачи является четырехполюсником, в котором входное и выходное сопротивления зависят от его построения и составляющих элементов. При расчете ВСТП его входное и выходное сопротивления обычно считают омическим и задают равным 600 Ом. Это приводит к несогласованности сопротивлений и отражению, так как включаемые в АТС линии имеют емкостное, а телефонные аппараты — индуктивное сопротивления и их величины значительно больше 600 Ом. Поэтому вместо входного сопротивления обычно задают и измеряют затухание несогласованности по отношению к номиналу или коэффициент отражения по отношению к номиналу. В табл. 1.1 и 1.2 в качестве примера приведены параметры некоторых кабелей местной связи [9] и телефонных аппаратов [28]. В цифровых АТС

Таблица 1.1. **Электрические параметры кабелей местной телефониой связи**

Тип кабеля	Диаметр жилы, мм	Первичные параметры		Вторичные параметры на частоте 800 Гц			
		R_0, Ом/км	C, нФ/км	$\|Z_{вх}\|$, Ом	$-\varphi$	α, дБ/км	β, рад/км
Т	0,4	139±9	50^{+5}_{-10}	1054	45°	1,66	0,19
	0,5	90±5	50^{+5}_{-10}	972	44°35′	1,20	0,19
	0,7	45±3	45^{+5}_{-7}	672	44°	0,88	0,14
ТП	0,32	216±13	45±8	1385	44°45′	1,92	0,222
	0,4	139±9	45±8	1164	44°38′	1,54	0,168
	0,5	90±6	45±8	892	44°33′	1,23	0,144
	0,7	45±3	45±8	676	43°56′	0,72	0,098

Таблица 1.2. **Входные сопротивления телефонных аппаратов**

Тип телефонного аппарата	Частота переменного тока, Гц	Входное сопротивление аппарата, Ом	φ, град	Ток электропитания микрофона, мА
ТАИ-5, ТАИ-5МП, ТАИ-7, БАГТА-50 (СССР)	1000	800—1200	30	30
ТА-60 (СССР)	1000	500	30	30
СВ-55 (ВНР)	800	1000	42	40
700 и 706 (7А) (Великобритания, фирма АТЕ)	2000	600±50		30
Белл 500 Д (США, Вестерн Электрик)	1000	650	12	40

для согласования сопротивлений в линейные комплекты вводят регулируемые элементы, позволяющие приблизить сопротивление ВСТП к сопротивлению линии.

Мощность шума. Шумы, появляющиеся в трактах передачи информации, проникая в телефон и воздействуя на слух абонентов, оказывают мешающее действие. При передаче дискретных сигналов они искажают форму сигналов и могут привести к их неправильному приему. Источниками шумов во внутристанционном тракте являются устройства электропитания, приборы тракта и внешние источники.

Устройства электропитания создают шумы вследствие пульсации плохо выпрямленного питающего переменного тока, а также колебания напряжения станционной батареи при изменении нагрузки. Кроме того, причиной шумов могут быть большие сопротивления цепей питания (шины, фидеры, выключатели, предохранители). В процессе коммутации шумы в тракте могут создавать как сами коммутационные приборы (реле, коммутационные матрицы) вследствие дребезга контактов, так и элементы в коммутируемых цепях (разряд конденсаторов, емкостей кабеля). Полупроводниковые приборы имеют внутренние шумы, которые также могут проникать в тракт передачи. И, наконец, шумы в тракте передачи создают внешние источники через емкостные и индуктивные связи.

Различают шумы непрерывные и импульсные. Непрерывные шумы действуют относительно длительное время, имеют широкий спектр частот. Для измерения непрерывных шумов используется псофометр — измеритель напряжения с квадратичной характеристикой детектирования и взвешивающим контуром, который учитывает частотную характеристику чувствительности уха и электроакустических устройств, используемых в процессе передачи речи. Шум, измеренный со взвешивающим контуром, т. е. с учетом его эффективного воздействия в спектре, наиболее чувствительном для человеческого слуха (0,8—1,0 кГц), называют псофометрическим или взвешенным, а без взвешивающего контура — невзвешенным (интегральным). Невзвешенный шум измеряют в диапазоне 0,3—3,4 или 0,03—20 кГц. Псофометрическое напряжение шума может выражаться в милливольтах (мВп) или децибелах по напряжению (дБн), а невзвешенного — по напряжению или мощности в милливольтах (мВ), пиковаттах (пВт) или децибелах (дБн, дБм).

Нормируется обычно среднее псофометрическое напряжение шума. Его измерения в ВСТП производятся в ЧНН на нагрузке в 600 Ом (рис. 1.21). Напряжение шума измеряют в течение часа с интервалами между замерами 1 мин. Средние показания отсчитывают за период 5 с, пренебрегая выбросами. На основании полученных результатов измерений вычисляют среднечасовую псофометрическую мощность шума ВСТП.

Измерения невзвешенного шума в полосах частот 0,3—3,4 и 0,03—20 кГц можно проводить прибором П с квадратичной харак-

теристикой детектирования или псофометром с отключенным взвешивающим контуром, подключая их через измерительный фильтр ИФ с полосами пропускания 0,3—3,4 и 0,03—20 кГц к выходу ВСТП. Вход ВСТП нагружен на сопротивление 600 Ом.

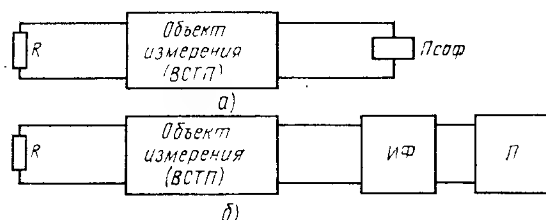


Рис. 1.21. Измерение шума:
а) взвешенного; *б*) невзвешенного

Измерение шумов носит статистический характер. Измерения проводятся в течение часа, после чего вычисляется среднее значение напряжения или мощности шума за час, в то время как продолжительность разговора в среднем 1—2 мин. Поэтому проведенные измерения ничего не отражают. Аналогичным способом, исходя из загрузки каналов, измеряются шумы в каналах. Поэтому общий подход к определению шумов позволяет суммированием напряжения шумов на всех участках найти общее напряжение шума в определенной точке тракта:

$$U=\sqrt{k_1 U^2_1+k_2 U^2_2+\ldots+k_n U^2_n},$$

где коэффициенты k зависят от затухания соответствующих участков тракта.

В настоящее время исследуется возможность нормирования шумов в одноминутном интервале. При таком общем подходе невзвешенный шум измеряют в интервале частот 0,03—20 кГц, хотя по ВСТП передаются только частоты 0,3—3,4 кГц.

Групповое время прохождения сигнала или отклонение группового времени от его значения на частоте 1900 Гц. По тракту передачи сигналы переменного тока различной частоты распространяются с различной скоростью. На неравномерность их распространения влияют фильтры и особенно различные преобразователи цифровых сигналов. Групповое время прохождения сигнала измеряют специальными приборами.

Коэффициент ошибок передачи двоичных сигналов является важнейшим параметром ВСТП, так как все АТС должны обеспечивать передачу данных по телефонным каналам. Этот коэффициент определяется отношением числа неправильно принятых двоичных сигналов (бит) к общему числу переданных. Измерения производятся специальными приборами. Поскольку нормы на коэффициент достаточно жесткие и требуется накопление статистических данных для достоверного его определения, измерения проводят достаточно длительное время.

Импульсные помехи носят случайный характер. Они влияют как на качество телефонной передачи, так и на передачу цифровой информации. В настоящее время разрабатываются методика и нормы на импульсные помехи.

1.4.4. Значения параметров тракта передачи, рекомендуемые МККТТ

В данном разделе приводятся значения основных параметров ВСТП, рекомендуемых МККТТ для национальных сетей [99]. На отдельных национальных сетях значения параметров могут отличаться от указанных. Наряду со значением параметров ВСТП по возможности приводятся рекомендуемые параметры для всего тракта передачи или его отдельных частей.

Эквивалент затухания по громкости нормируется для национальной сети от телефонного аппарата абонента до первой международной станции СТ3 (Рекомендация G.121) [49]. Нормы устанавливаются в зависимости от размера территории страны. При максимальном расстоянии от ТА до международной станции 1000—1500 км эквивалент затухания по громкости на передачу для 97% вызовов должен быть равен 21 дБ, а на прием — 12 дБ. При расстоянии больше 1500 км (большие страны) эквивалент затухания по громкости может быть для 97% вызовов равен 21,5 дБ на передачу и 12,5 дБ на прием (рис. 1.22) или

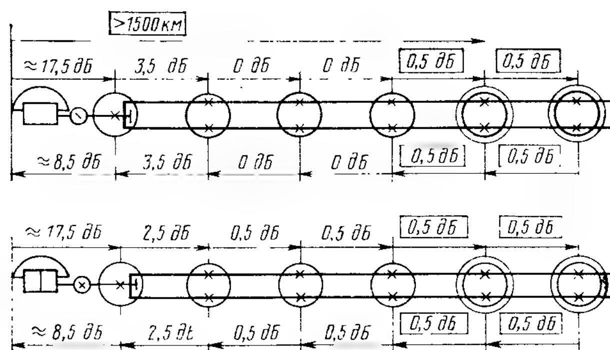


Рис. 1.22. Эквивалент затухания по громкости для национальной сети

22 дБ на передачу и 13 дБ на прием. Первые значения используются тогда, когда на четырехпроводной национальной части тракта имеются четыре участка, а вторые — при пяти участках. При создании новых сетей указанные нормы распространяются на 100% вызовов, при этом и на больших национальных сетях следует стремиться к эквиваленту затухания на передачу 21 дБ, а на прием 12 дБ. На рис. 1.22 рекомендуемые значения указаны в квадратах, остальные следует рассматривать как примеры.

При соединении внутри существующих национальных сетей эквивалент затухания по громкости должен находиться в преде-

лах 13—23 дБ, на новых сетях 13—18 дБ, оптимально 9 дБ (Рекомендация G.111, *в*).

Эквивалент затухания по разборчивости на национальной сети при международном соединении не должен превышать на передачу 24 дБ, на прием 18 дБ (Рекомендация G.112).

Прежде чем переходить к установлению значений электрических параметров, необходимо сделать несколько общих замечаний:

1. При определении параметров для местной станции с двухпроводной коммутацией следует учитывать три типа соединений: абонентская линия — абонентская линия; абонентская линия — местная соединительная линия; абонентская линия — междугородная соединительная линия. Для этих соединений параметры ВСТП имеют различные значения.

2. Местная станция с двухпроводным трактом передачи может иметь вынесенные подстанции, а может и не иметь. В настоящее время в обоих случаях предусматриваются одинаковые значения одноименных параметров ВСТП. При разработке новых принципов построения сетей значения одноименных параметров для этих станций могут различаться.

3. Местные станции с двухпроводными трактами передачи являются наиболее массовыми. В любом установленном соединении участвует не более двух таких станций, обеспечивающих электропитание ТА и абонентскую сигнализацию. Учитывая это, возможно некоторое снижение требований к параметрам ВСТП таких станций с тем, чтобы уменьшить стоимость коммутационного оборудования.

Рабочее затухание. Для местных станций с двухпроводными трактами передачи при установлении исходящих и входящих соединений (местных, междугородных и международных) рабочее затухание не должно превышать 1,0 дБ. Для внутристанционных вызовов затухание может быть увеличено таким образом, чтобы эквивалент затухания при внутристанционном соединении с учетом ТА был приблизительно равен 15 дБ.

В аналоговых станциях, в которых осуществляется переход с двухпроводной линии на четырехпроводную и возможны как двухпроводная, так и четырехпроводная коммутации, затухание может достигать 1—2 дБ в основном за счет дифференциальной системы и цепей сигнализации. Затухание в коммутационном поле должно быть близким к нулю.

В транзитных станциях с двух- и четырехпроводной коммутацией затухание в КП также должно быть близким к нулю. Затухание четырехпроводных ВСТП этих станций приводят к требуемой диаграмме уровней включением соответствующих удлинителей и регулировкой усиления. Среднеквадратическое отклонение остаточного затухания не должно превышать ±0,2 дБ для всех типов станций.

Амплитудно-частотная характеристика. Для местных станций с двухпроводными трактами передачи во всем диапазоне частот

300—3400 Гц предусмотрены значения АЧХ от —0,2 до +0,8 дБ, которые, учитывая ранее сказанное для аналоговых местных станций с двухпроводными трактами передачи, взяты как 1/10 значений, приведенных для всего тракта передачи в Рекомендации Q.44 МККТТ (рис. 1.23) [53].

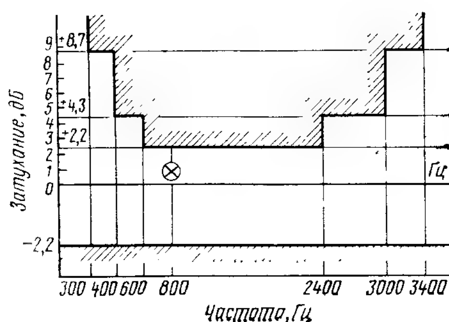


Рис. 1.23. Допустимые изменения амплитудно-частотной характеристики тракта при междугородной связи (1/G.44)

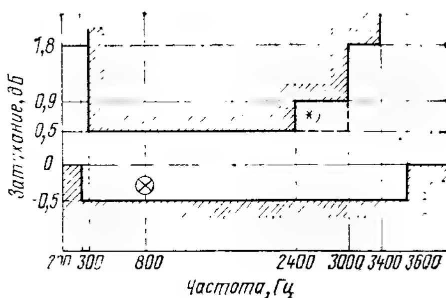


Рис. 1.24. Допустимые изменения амплитудно-частотной характеристики тракта цифровой транзитной станции (1/G.712)

* При последовательном включении нескольких каналов ИКМ величина +0,5 дБ допускается до частоты 3000 Гц

В аналоговых транзитных станциях с двух- и четырехпроводными трактами передачи АЧХ должна находиться в следующих пределах (Рекомендация Q.45):

300—400 Гц от —0,2 до +0,5 дБ;

400—2400 Гц от —0,2 до +0,3 дБ;

2400—3400 Гц от —0,2 до +0,5 дБ.

Амплитудно-частотная характеристика цифровой транзитной станции должна соответствовать Рекомендации G.712 (рис. 1.24) с учетом увеличения затухания на +0,5 дБ до частоты 3000 Гц.

Нелинейные искажения. Для аналоговых станций всех видов остаточное затухание, измеренное при любом соединении на станции, не должно изменяться более чем на 0,2 дБ при подаче испытательного сигнала с уровнем —40÷+3,5 дБмО.

Для цифровых станций в зависимости от метода измерения принимаются следующие значения:

1) при измерении специальным шумовым сигналом при уровне —(60÷10) дБмО — в соответствии с шаблоном рис. 1.25, *а*;

2) при измерении синусоидальным сигналом с уровнем —10÷÷+3 дБмО — в соответствии с шаблоном рис. 1.25, *б*, а при уровне —55÷+3 дБмО — в соответствии с шаблоном рис. 1.25, *в*.

Взаимная модуляция. Измерение продуктов взаимной модуляции в трактах осуществляется на частотах $f_1=900$ и $f_2=1020$ Гц (Рекомендация G.152, разд. 7е). Разница между уровнем этих частот и продуктов взаимной модуляции $(2f_1—f_2)$ или $(2f_2—f_1)$

должна быть, по крайней мере, 40 дБ (Рекомендация Q.45, разд. 6.1).

В трактах цифровых станций для измерения взаимной модуляции используются два синусоидальных сигнала различных частот f_1 и f_2 в диапазоне 300—3400 Гц, гармонически не связанных,

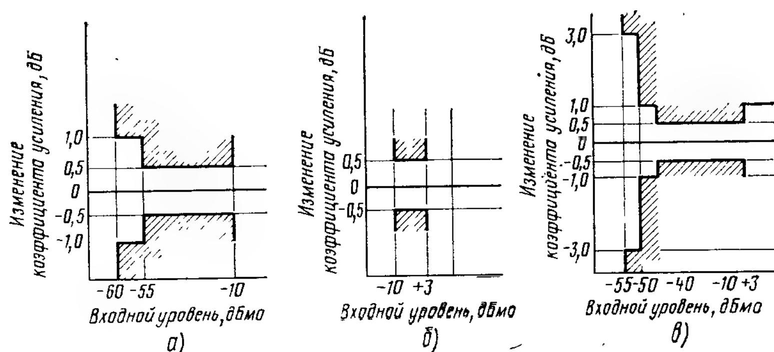


Рис. 1.25. Изменение коэффициента усиления во внутристанционном тракте передачи цифровых АТС (6/G.712):

а) при шумовом испытательном сигнале (метод 1); *б*) при синусоидальном испытательном сигнале (метод 1); *в*) при синусоидальном испытательном сигнале (метод 2)

с одинаковым уровнем в пределах —(4—21) дБм, которые подаются одновременно на вход тракта. На выходе тракта уровень продукта взаимной модуляции ($2f_1—f_2$) должен быть не менее чем на 35 дБ ниже уровня входного сигнала.

Сигнал любой частоты в диапазоне 300—3400 Гц с уровнем —9 дБм и сигнал частотой 50 Гц с уровнем —23 дБ подаются одновременно на вход тракта. Уровень продуктов взаимной модуляции не должен превышать —49 дБм (Рекомендация G.712, разд. 8).

Затухание асимметрии. Для аналоговых станций с четырехпроводными трактами передачи затухание асимметрии (Рекомендация Q.45, разд. 6.4) в диапазонах частот 300—600 и 600—3400 Гц должно быть не менее 40 и 46 дБ соответственно.

Для местных станций с двухпроводной коммутацией (аналоговых и цифровых) затухание асимметрии должно быть: на частотах 50—300 Гц не менее 26 дБ, 300—600 Гц — 40 дБ и 600—3400 Гц — 46 дБ. Нормирование затухания асимметрии на частоте 50 Гц обеспечивает защиту процесса кодирования ИКМ от фона переменного тока питания.

Переходное затухание измеряется на частоте 1100 Гц (Рекомендация G.134). Для аналоговых местных станций оно должно быть не менее 80 дБ. Эти очень жесткие требования определяются тем, что, во-первых, на этих станциях меньше шумы, маскирующие переходной разговор (например, в соединении не используются системы передачи), и, во-вторых, внятный переходной разговор может привести к большим неприятностям (велика вероятность,

что абоненты окажутся знакомы). Для аналоговых станций с четырехпроводной коммутацией переходное затухание между любыми соединениями должно быть не менее 70 дБ, а между прямым и обратным каналами одного соединения — не менее 60 дБ (Рекомендация Q.45, разд. 4).

В цифровых станциях переходное затухание между индивидуальными каналами тракта рекомендуется таким, чтобы синусоидальный сигнал в диапазоне частот 700—1100 Гц и входном уровне 0 дБм0 не превышал —65 дБм0. Если на вход подается сигнал белого шума (Рекомендация G.227) с уровнем 0 дБм0, то уровень переходного разговора в любом другом канале должен быть не более —60 дБм0п. Некоррелированные шумы используются, когда возбуждают входы более чем одного канала (Рекомендация G.712, разд. 12).

Переходное затухание между прямым и обратным каналами одного тракта передачи должно быть больше 65 дБ при подаче на вход синусоидального сигнала любой частоты в диапазоне 300—3400 Гц при входном уровне 0 дБм0 (Рекомендация G.712, разд. 13).

Для выполнения указанных требований необходимо, чтобы переходное затухание в аналоговой части цифровой станции (трансформаторах, дифсистемах, цепях сигнализации) осталось высоким.

Входное сопротивление. Номинальное входное сопротивление аналоговых станций принимается равиым 600 Ом. Затухание несогласованности для аналоговых транзитных станций с четырехпроводной коммутацией должно быть (Рекомендация Q.45, разд. 6.3) в диапазоне частот 300—600 Гц не менее 15 дБ, а 600—3400 Гц не менее 20 дБ.

Дифференциальная система при подключении двухпроводной соединительной линии к четырехпроводному тракту как аналоговой, так и цифровой станций должна иметь: при ненагруженных линиях входное сопротивление 600 Ом, при нагруженных 1200 Ом, затухание несогласованности на частотах 300—600 Гц 12 дБ и 600—3400 Гц 18 дБ.

В цифровых местных станциях входное сопротивление согласовывается с сопротивлением абонентских и соединительных линий путем подгонки входных сопротивлений.

Шумы. В аналоговых местных станциях с двухпроводной коммутацией и транзитных с четырехпроводной коммутацией уровень взвешенного шума не должен превышать —67 дБм (200 пВт) (Рекомендация Q.45, разд. 5.1).

Уровень невзвешенного шума в четырехпроводных трактах аналоговых станций должен быть не более —40 дБм (100 000 пВт) (Рекомендация Q.45, разд. 5.2). Для местных станций с двухпроводной коммутацией нормы разрабатываются. В аналоговых станциях за 5 мин измерений должно быть не более пяти отсчетов импульсных помех с уровнем не более —35 дБ. В цифровых станциях уровень взвешенного шума в свободном канале, нагружен-

ном на номинальное сопротивление, не должен превышать —65 дБмп. Уровень любой синусоидальной частоты (в частности, частоты дискретизации и кратных ей), измеренный селективно, должен быть не более —50 дБм.

Уровень шумов, вносимых только приемным оборудованием, должен быть менее —75 дБмп, когда на вход подается ИКМ сигнал, соответствующим входной величине декодера 0 для μ-характеристики или 1 для А-характеристики.

Групповое время распространения. Для аналоговых станций групповое время распространения невелико. Для цифровых транзитных станций оно ограничивается следующими величинами при связи:

от цифровой линии к цифровой максимально 1500 мкс, среднее 900 мкс;

от цифровой к аналоговой максимально 2200 мкс, среднее 1600 мкс;

от аналоговой к аналоговой максимально 3000 мкс, среднее 2300 мкс.

Для местных цифровых станций групповое время распространения может быть несколько большим. Вопрос изучается в МККТТ.

1.5. Принципы построения внутристанционного тракта передачи аналоговых АТС

1.5.1. Основные устройства тракта передачи

Внутристанционный тракт передачи аналоговых АТС включает приборы кросса, абонентский и шнуровой комплекты, комплекты соединительных линий, приборы коммутационного поля и кабели внутристанционного монтажа. Перечень и значения параметров защитных приборов кросса указаны в разд. 1.4.1. В линейных и шнуровом комплектах следует выделить две группы устройств, влияющих на параметры ВСТП: устройства электропитания оконечных абонентских аппаратов (мосты питания) и устройства линейной сигнализации, приборы которой подключаются к проводам ВСТП. Кабели внутристанционного монтажа, длина которых может достигать 300 м, имеют сопротивление пары жил до 100 Ом, емкость до 30 нФ и индуктивность до 0,2 мГн.

Назначение мостов питания — обеспечение раздельного электропитания микрофонов телефонных аппаратов вызывающего (А) и вызываемого (Б) абонентов. Как правило, мост питания делится на две части: одна, обеспечивающая питание ТА абонента А, находится в ИКСЛ или ИШК, а другая — для питания ТА абонента Б — в ВКСЛ или ВШК (см. рис. 1.2 и 1.3). В АТС, построенных с общим КП (см. рис. 1.2), шнуровой комплект имеет

полный мост питания. Рассмотрим характеристики таких мостов питания.

Возможны два типа мостов: конденсаторный и трансформаторный. Конденсаторный мост питания содержит реле А и Б, через обмотки которых подается питание в ТА и контролируются состояния шлейфов абонентских линий; разделительные конденсаторы C_1 и C_2 (рис. 1.26, *а*). Для улучшения симметрии ВСТП в

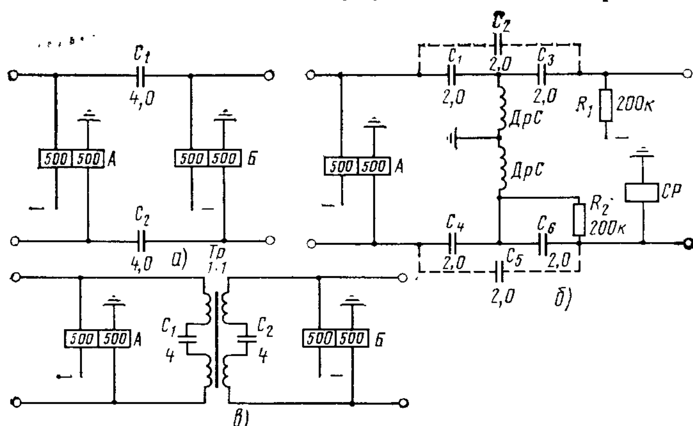


Рис. 1.26. Мосты питания АТС:
а) конденсаторный; *б*) конденсаторный с симметрирующим дросселем; *в*) трансформаторный

конденсаторный мост вводится симметрирующий дроссель Др С (рис. 1.26, *б*). В последнем случае увеличивается число конденсаторов.

Трансформаторный мост питания содержит аналогичные реле А и Б, но разделение питаемых линий осуществляется с помощью трансформатора Тр (рис. 1.26, *в*). Для устранения подмагничивания трансформатора и размыкания цепи реле А и Б обмотки разделены конденсаторами C_1 и C_2. Емкость конденсаторов выбирается достаточно большой (4 мкФ) с тем, чтобы уменьшить сопротивление на нижних частотах передаваемого спектра.

Оба моста по своим характеристикам почти одинаковы, однако следует отметить, что конденсаторный мост содержит большее число элементов, которые снижают надежность и увеличивают габаритные размеры комплекта. Трансформаторный мост за счет трансформатора вносит несколько большее затухание. Кроме того, требуется тщательное изготовление трансформатора.

В электромеханических системах АТС для контроля за состоянием соединительных линий, подключенных к комплектам соединительных линий, используются реле (например, сигнальное реле СР на рис. 1.26, *б*) или полупроводниковые приборы, которые подключаются параллельно к проводам тракта. Для уменьшения влияния на ВСТП эти приборы, так же как и питающие реле, должны иметь большое индуктивное сопротивление для перемен-

ных токов в диапазоне 300—3400 Гц (свыше 10 кОм), т. е. большую индуктивность.

В электромеханических АТС с вращательными и подъемно-вращательными искателями, в которых используются контакты скольжения щетка — ламель (сталь — бронза), контакты имеют значительное сопротивление (до десятков ом). Кроме того, это сопротивление непостоянно, что создает значительные шумы. Большие ударные нагрузки вызывают дребезг контактов и приводят к колебанию переходного сопротивления контакта и шумам, а иногда и к кратковременным разрывам тракта.

Соединение АК с ШК или комплектами СЛ в координатных АТС осуществляется через контакты МКС, т. е. контакты давления из благородного металла (например, серебро или сплав: серебро и 30% палладия). Такие контакты имеют малое омическое сопротивление (сотые — тысячные доли ома) и при качественном изготовлении создают очень малые шумы. Поэтому приборы КП в координатных АТС на параметры ВСТП практически не влияют.

Для улучшения качества контактов в электромеханических АТС широко применяют обтекание контактов малым постоянным током (микроамперы). Напряжение на провода тракта подается через резистор с большим сопротивлением (на рис. 1.26, *б* — резисторы R_1 и R_2 с сопротивлением 200 кОм). Контакты в цепи питания микрофонов обтекаются током питания.

Электромагнитные приборы электромеханических систем имеют и ряд положительных свойств. В КП и комплектах цепи управления гальванически отделены от проводов тракта передачи. Обмотки реле и металлические контакты могут выдерживать значительные напряжения и мощность. Поэтому защитные устройства кросса обеспечивают эффективную защиту приборов КП и комплектов. Вызов может посылаться переменным током частотой 16—25 Гц, напряжением 75—100 В.

1.5.2. Тракт передачи квазиэлектронных АТС

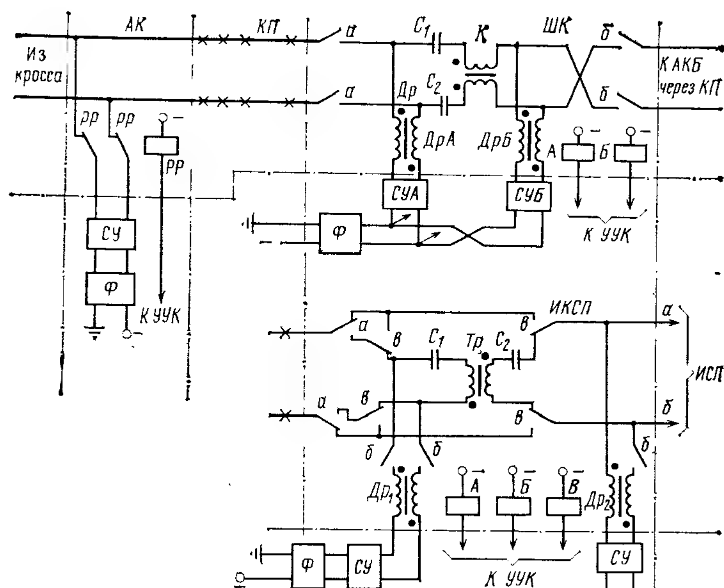
Построение тракта передачи АТСКЭ аналогично только что рассмотренному для электромеханических АТС. Однако имеются особенности, связанные с использованием герконовых (или гезаконовых) и полупроводниковых приборов, которые заключаются в следующем.

Герметизированные контакты создают бо́льшее омическое сопротивление (до 1 Ом), чем электрические контакты электромагнитных приборов, и поэтому могут коммутировать значительно меньшие токи и напряжения. Коммутация с помощью этих контактов осуществляется без нагрузки. Приборы коммутационного поля первоначально коммутируются, а затем подключаются к комплектам и линиям. Для герконов требуются более чувствительные и быстродействующие устройства защиты.

Герконовые и полупроводниковые приборы, подключаемые к тракту передачи, обладают бо́льшим по сравнению с электромаг-

нитными приборами быстродействием. Поэтому при их подключении к линиям для приема сигналов требуются аппаратные или программные средства защиты от ложных срабатываний.

В то же время программное управление позволяет в АТС с переустановлением соединений упростить станционные и линейные комплекты, разделив их функции. Кроме того, логические действия могут быть переданы программным управляющим устройствам. В этом случае абонентский комплект АК должен обеспечить только контроль абонентской линии через устройства сканирования и отключение сканирующего устройства СУ при установленном соединении (рис. 1.27), а шнуровой комплект ШК — под-



	Работает реле А			
Свободно	Транзит с использованием ИКСЛ	Разговор. Исходящее соединение	Удержание ИСЛ	
Обход для передачи сигналов и проверки	Не используется	Транзит с использованием ВКСЛ	Обход при соединении	Работает реле В
		Работает реле Б		

Рис. 1.27. Тракт передачи квазиэлектронных АТС. Диаграмма Карно

ключение к коммутационному полю, контроль за состоянием двух абонентских линий и электропитание микрофонов телефонных аппаратов абонентов А и Б. Сканирующие устройства через АК и ШК следят за состоянием абонентских линий. В конденсаторном питающем мосте ШК питание микрофонов осуществляется через

фильтры Ф, СУ и дроссели. Так как фильтры и сканирующие устройства имеют малую индуктивность, для увеличения индуктивности и уменьшения переходного влияния через источник питания в цепь питания включены дроссели. Для уменьшения уровня напряжения шума от источника электропитания и сохранения требуемой полярности на проводах абонентской линии провода питания в ШК дважды скрещены. Уменьшение затухания отражения осуществляется за счет включения в ШК специального контура К [72]. Для обеспечения возможности передачи разговорных токов в ИКСЛ используется трансформатор Тр, который отделен от линий конденсаторами C_1 и C_2 (трансформаторный питающий мост). Электропитание в линии подается так же, как в ШК. Комплект ИКСЛ содержит три реле А, Б и В с герконами на замыкание и размыкание. Показанные на схеме контакты на переключание практически состоят из двух герконов (замыкания и размыкания).

Усложнение комплекта ИКСЛ связано с тем, что в нем обеспечивается возможность отключения дросселей питания и трансформатора и подключения физической соединительной линии непосредственно к различным станционным комплектам при проверке постоянным током или к комплекту входящей соединительной линии при транзитном соединении, а также в случае использования комплекта ИКСЛ для установления соединения, в котором не требуется станционное электропитание оконечных абонентских устройств.

Работа реле различных комплектов записывается в виде таблицы, называемой диаграммой Карно (см. рис. 1.27).

Коммутационное поле АТСКЭ может состоять из восьми звеньев, а тракт передачи содержать до 16 последовательно включенных контактов КП, не считая контактов в комплектах. Но, учитывая малое влияние на параметры тракта передачи моста питания, выполнение ранее указанных требований и рекомендаций относительно параметров тракта (см. разд. 1.4.3) в АТСКЭ, так же как и в координатных АТС, не вызывает значительных трудностей.

В квазиэлектронных АТС при симметричном двухпроводном тракте передачи коммутируются два провода, при четырехпроводном — четыре. Это возможный минимум. Число дополнительных коммутируемых проводов определяется типом используемых приборов и принципами построения устройств управления. В настоящее время в большинстве местных АТСКЭ коммутируются два провода, а в транзитных и междугородных станциях — четыре. Вспомогательные провода не коммутируются.

1.5.3. Тракт передачи электронных АТС с пространственным разделением каналов

Внутристанционный тракт передачи АТСЭ не может быть построен простой заменой герметизированных контактов ВСТП квазиэлектронных АТС на полупроводниковые приборы, поскольку

последние должны быть отделены от коммутационных приборов и линий. По этой причине во всех линейных комплектах АТСЭ включены разделительные трансформаторы, отделяющие приборы станционных устройств от линий (рис. 1.28, *а*).

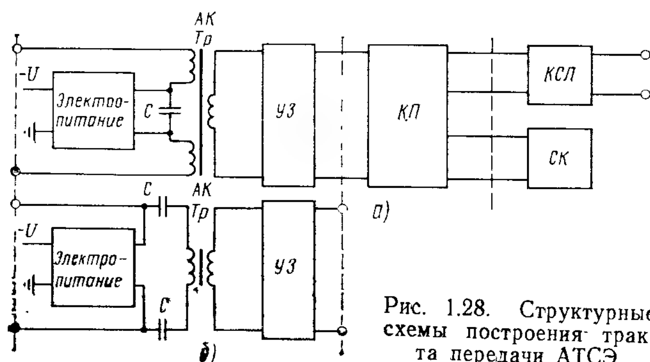


Рис. 1.28. Структурные схемы построения тракта передачи АТСЭ

Через первичные обмотки трансформатора подается электропитание к абонентскому аппарату. В некоторых случаях для устранения подмагничивания сердечника трансформатора его отделяют от цепи электропитания конденсаторами (рис. 1.28, *б*). Между трансформатором и коммутационным полем включаются приборы, защищающие электронные контакты КП от перенапряжений. Трансформатор имеет коэффициент трансформации 1 : 1 и рассчитывается на нагрузку 600 Ом.

Внутристанционный тракт АТСЭ с пространственным разделением каналов после трансформатора с целью экономии электронных контактов обычно делают несимметричным по отношению к «земле», т. е. коммутируют только один провод. В отдельных случаях для получения высококачественного тракта коммутируют два провода. Поскольку в этих АТС затухание, вносимое трактом, как правило, больше допустимого, то в комплекты соединительных линий КСЛ включают усилительные устройства.

Конкретное построение ВСТП зависит от используемых в качестве ЭК полупроводниковых приборов. Возможно использование биполярных диодов, четырехслойных полупроводниковых приборов и полевых транзисторов в виде МОП-структур. В настоящее время для построения тракта передачи с пространственным разделением каналов в АТСЭ преимущественно применяются четырехслойные приборы и МОП-структуры. При построении КП на четырехслойных приборах возможно использование четырехслойных диодов, триодов или тетродов. Эти приборы по переходному сопротивлению близки к металлическим контактам. В случае использования четырехслойных приборов, как правило, коммутируется один провод.

В качестве примеров рассмотрим построение трактов передачи некоторых АТСЭ.

На рис. 1.29 показано построение тракта передачи АТСЭ на четырехслойных диодах. В абонентский комплект включен трансформатор Тр1, через первичные обмотки которого и резисторы R_1

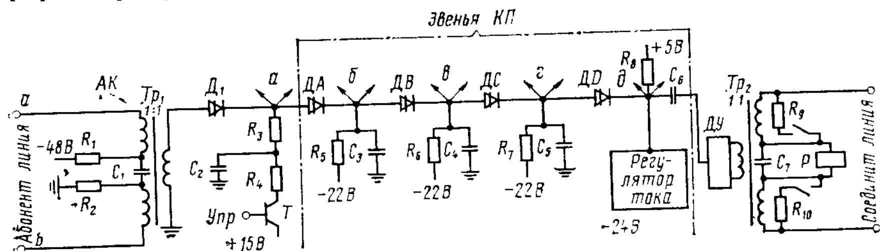


Рис. 1.29. Принцип построения тракта передачи на четырехслойных диодах

и R_2 подается электропитание в абонентскую линию. Переменный разговорный ток, поступающий из абонентской линии, замыкается через те же обмотки трансформатора и конденсатор C_1. Сопротивления резисторов R_1 и R_2 обычно такие же, как принято на национальной сети для местных электромеханических АТС, т. е. 300—500 Ом, емкость конденсатора C_1 равна 2—4 мкФ.

Четырехзвенное коммутационное поле (звенья A, B, C, D) построено на четырехслойных диодах *p—n—p—n*-типа. На рис. 1.29 в каждом звене показано по одному диоду. В точках а, б, в, г и д подключаются параллельно другие диоды. Переходное сопротивление диода в открытом состоянии — около 2 Ом, в закрытом — около 15 МОм; анодное напряжение 30 В. Резисторы R_3—R_8 и конденсаторы C_2 — C_5 образуют цепи управления последовательным (лавинным) включением диодов ДА, ДВ, ДС и ДD. Через конденсатор C_6 к коммутационному полю подключается либо КСЛ, либо ШК. При подключении ШК (внутристанционное соединение) к другой стороне этого комплекта подключаются аналогичная цепь диодов и второй абонентский комплект АК.

На рис. 1.30 показан симметричный двухпроводный тракт, построенный на *n*-МОП-приборах [89]. Абонентский комплект аналогичен предыдущему, но в нем предусматривается возможность регулировки тока питания (Пит). При короткой линии (2 км, со-

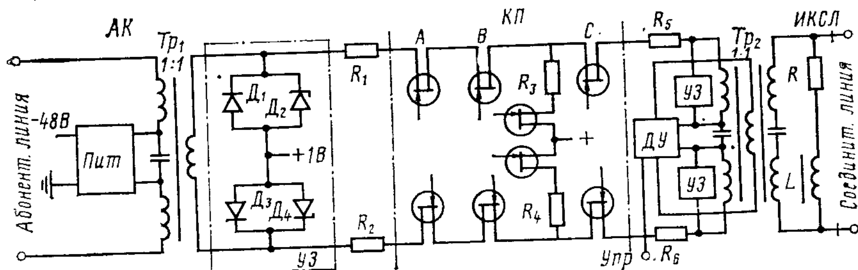


Рис. 1.30. Построение тракта передачи на полевых транзисторах (МОП структурах)

противление шлейфа — до 500 Ом) в цепь питания включается дополнительное сопротивление. При средней длине линии (2—3,5 км, сопротивление шлейфа 500—1000 Ом) дополнительное сопротивление выключается, а при длинной линии (свыше 3,5 км, сопротивление шлейфа 1000—1400 Ом) в АК включается двусторонний усилитель. Устройства защиты УЗ построены на обычных и опорных диодах. Сила тока в коммутационном поле ограничивается резисторами R_1—R_4 и R_5—R_6.

При внутристанционном соединении два АК связываются непосредственно через КП без шнурового комплекта. Все сигналы в абонентскую линию передаются из АК (на схеме не показано). Для внесения дополнительного затухания при внутристанционной связи в коммутационное поле через МОП-транзисторы параллельно включаются резисторы R_3 и R_4.

В обоих трактах для компенсации затухания, вносимого трансформаторами и коммутационными приборами, в комплектах соединительных линий включаются двухпроводные двусторонние усилители ДУ. Принципы построения усилителей различны. Во втором из рассмотренных трактов, например, использован усилитель с отрицательными сопротивлениями. Кроме того, в этом тракте под управлением ЦУУ в случае необходимости возможны включение резистора R_3 и выключение усилителя. Введение усилителей позволяет в рассмотренных АТС выполнить требования, предъявляемые к электрическим параметрам ВСТП (см. табл. 1.5).

1.5.4. Тракт передачи электронных АТС с импульсно-временным разделением каналов

Сущность временного разделения каналов заключается в том, что общий тракт передачи поочередно и кратковременно предоставляется для передачи информации различным парам абонентов (рис. 1.31, *а*) [36]. В момент t_1 через ключи K_1 и K'_1 к общему тракту передачи (ОТП) на время τ' подключаются телефонные аппараты ТА$_1$ и ТА$'_1$. В следующий момент времени t_2 через ключи К$_2$ и К$'_2$ к ОТП также на время τ' подключается следующая пара телефонных аппаратов ТА$_2$ и ТА$'_2$. К моменту t_2 первая пара телефонных аппаратов должна быть отключена от ОТП. Аналогичным образом происходят подключение следующей пары ТА и отключение предыдущей и так до ТА$_n$ и ТА$'_n$, а затем цикл снова повторяется. Для

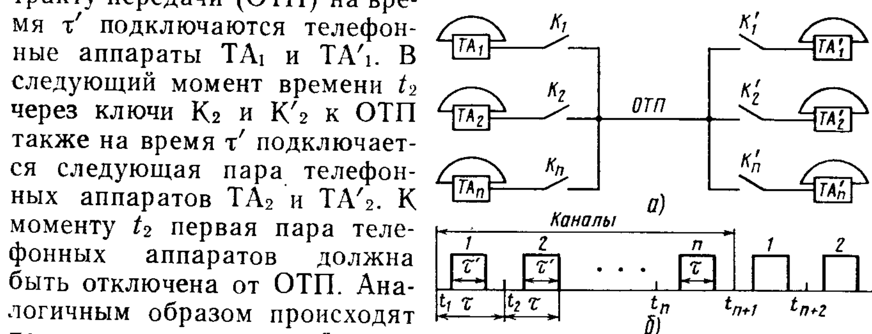


Рис. 1.31. Принцип временного деления тракта:
а) схема подключения ТА; *б*) распределение временных интервалов

каждой пары абонентов на время τ' создается отдельный временной канал. Для n пар абонентов таких каналов создается n. Чтобы отделить два соседних временны́х канала друг от друга, для каждого канала должно быть предусмотрено дополнительное время, необходимое на отключение одной пары ТА и подключение другой. Таким образом, общее время τ, отводимое для одного канала, должно быть больше τ' (рис. 1.31, *б*). Очевидно, что указанные переключения должны на обоих концах ОТП выполняться одновременно (синхронно) и с одинаковой скоростью (синфазно). Кроме того, скорость переключения должна быть такой, чтобы абоненты не замечали разрывов в соединении.

Процесс передачи в тракте с временны́м разделением каналов можно рассматривать как взятие кратковременных отсчетов (дискретизация сигнала электросвязи по времени) передаваемого сигнала и передачу этих отсчетов (рис. 1.32). Из теории связи из-

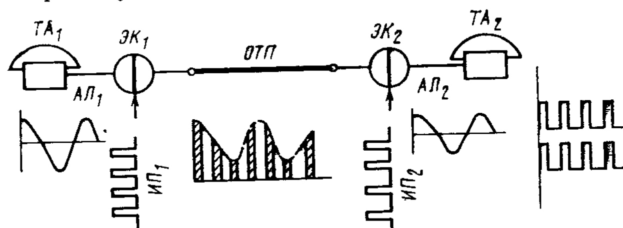


Рис. 1.32. Построение тракта передачи АТСЭ с импульсно-временны́м делением каналов

вестно, что периодичность дискретизации зависит от частотного спектра передаваемого сигнала. Установлено (теорема Котельникова), что частота взятия отсчетов f должна быть равна или выше удвоенной частоты передаваемого сигнала F ($f \geqslant 2F$). При передаче речевых сигналов в спектре 300—3400 Гц частота дискретизации должна быть не менее 6800 имп/с. В настоящее время общепринята дискретизация с частотой 8000 имп/с. Следовательно, период дискретизации $T=1/f=125$ мкс, т. е. соединение для каждого временно́го канала в ОТП должно периодически устанавливаться через каждые 125 мкс. Если в ОТП имеется n каналов, то для каждого канала через каждые 125 мкс предоставляется время $\tau=125/n$ мкс. Эффективное время передачи будет равно $\tau'=p\tau$, или $\tau'=pT/n$. Коэффициент p определяет, какая часть времени, предоставляемая каналу, используется эффективно.

Приведенные числовые значения показывают, что при временно́м разделении тракта передачи коммутация может быть осуществлена только электронными средствами. Таким образом, вместо ключей К должны быть использованы электронные контакты ЭК. Чтобы ЭК пропустил разговорный ток, он управляется импульсной последовательностью ИП (серией импульсов), при этом каждый импульс последовательности кратковременно открывает ЭК. В промежутках между импульсами ЭК закрыт. Для соединения те-

лефонных аппаратов двух абонентов $Аб_1$ и $Аб_2$ необходимо совпадение импульсов двух последовательностей $ИП_1$ и $ИП_2$, приложенных соответственно к $ЭК_1$ и $ЭК_2$.

Электронный контакт периодически открывается на очень малые промежутки времени, поэтому разговорный ток, проходящий по абонентской линии, передается в ОТП в виде импульсов. Чтобы обеспечить неискаженность передачи, амплитуда разговорных токов, поступающих на вход ЭК, должна быть меньше амплитуды импульсов, открывающих контакт. В ЭК происходит модуляция импульсов, и в ОТП поступает последовательность импульсов, модулированных по амплитуде, т. е. в ЭК осуществляется амплитудно-импульсная модуляция.

Амплитудно-импульсная модуляция является начальным этапом всех других видов импульсной модуляции. Для ее осуществления требуются довольно простые устройства, но АИМ имеет существенный недостаток — низкую помехоустойчивость. Помехи, воздействуя на амплитуду модулированного сигнала, вызывают искажение передаваемой информации, поэтому сигналы АИМ не могут передаваться по линиям. Таким образом, АИМ может быть использована только для построения внутристанционного тракта передачи.

Во всех других видах импульсной модуляции (широтно-импульсной ШИМ, фазо-импульсной ФИМ) и импульсно-кодовой ИКМ основой (начальным этапом) является АИМ. После получения модулированного по амплитуде сигнала определяется его величина (амплитуда) и в соответствии с этим формируется сигнал, который имеет определенную ширину (ШИМ) или устанавливается на определенном месте в отведенном временно́м интервале (ФИМ). При ИКМ оценивается величина амплитуды, ее значение кодируется и определенное число импульсов передается в данном временно́м интервале в ОТП.

При ШИМ импульсы имеют одинаковую амплитуду, но разную ширину, при ФИМ импульсы одинаковы и по амплитуде, и по ширине. Важным является местоположение начала импульса (фаза). Между ШИМ и ФИМ много общего, поэтому иногда эти два вида импульсной модуляции рассматривают как один. Помехи, воздействуя на импульсы ШИМ и ФИМ, могут изменять их ширину или фазу, вызывая искажение передаваемой информации. Не обладая высокой помехоустойчивостью, ШИМ и ФИМ в то же время требуют для реализации более сложных устройств, чем АИМ.

1.5.5. Тракт передачи с амплитудно-импульсной модуляцией

В предыдущем разделе было установлено, что если на вход ЭК, управляемого последовательностью однополярных импульсов, подать речевой сигнал, то на выходе получим однополярную последовательность импульсов, модулированных по амплитуде (рис. 1.33). Рассмотрим этот процесс более подробно [36].

Предположим, что на вход ЭК подано напряжение $Am\cos\Omega t$. Тогда частотный спектр полученной на выходе модулированной по амплитуде последовательности импульсов может быть представлен в виде ряда Фурье:

$$A\gamma + Am\gamma\cos\Omega t + 2A\gamma\sum_{k=1}^{\infty}\frac{\sin k\pi\gamma}{k\pi\gamma}\cos k\omega t +$$

$$+ Am\gamma\sum_{\substack{k=1\\ i=1}}^{\infty}\frac{\sin k\pi\gamma}{k\pi\gamma}\left[\cos(\omega_i - \Omega)t + \cos(k\omega_i + \Omega)t\right], \qquad (1.1)$$

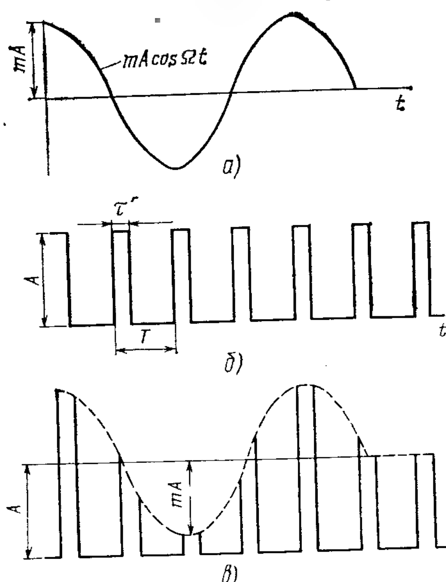


Рис. 1.33. Принцип амплитудно-импульсной модуляции:

а) сигнал звуковой частоты; *б*) последовательность импульсов, открывающая ЭК; *в*) модулированный сигнал на выходе ЭК

где A — амплитуда импульсов, открывающих ЭК; $\gamma = \tau'/T$ — коэффициент заполнения; τ' — длительность импульса; T — период повторения импульсов; m — коэффициент модуляции; $\omega = 2\pi f$ ($f = 1/T$) — частота следования импульсов; $\Omega = 2\pi F$ — частота передаваемого сигнала.

Из выражения (1.1) следует, что в спектре модулированных импульсов имеется низкочастотная составляющая. Эту составляющую можно выделить с помощью фильтра нижних частот ФНЧ, используя его как демодулятор. Частота среза ФНЧ обычно равна половине частоты повторения импульсов, открывающих ЭК.

С введением ФНЧ схема тракта передачи принимает вид, показанный на рис. 1.34. Если на вход $ЭК_1$ поступает сигнал, который меняется по закону $Am\cos\Omega t$, то на выходе $ФНЧ_2$ появляется сигнал, меняющийся по тому же закону, но с меньшей амплитудой, а именно $Am\gamma\cos\Omega t$. Для уменьшения переходных влияний между временными каналами в тракт передачи вводится разрядное устройство $ЭК_{разр}$.

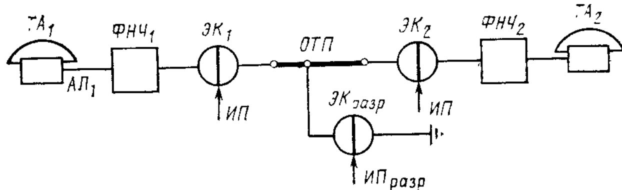


Рис. 1.34. Построение тракта передачи с АИМ, содержащего фильтры нижних частот

Так как токи низкой частоты передаются через ОТП в виде импульсов, а ФНЧ пропускает только низкочастотную составляющую этих импульсов, то вся система импульсно-временной передачи принципиально должна вносить затухание. Для оценки этого затухания предположим, что устройства, из которых построен тракт, всюду согласованы и построены на элементах, не вносящих потерь, а сопротивление нагрузки (одной абонентской линии) равно сопротивлению генератора (другой абонентской линии). Тогда рабочее затухание тракта $b_р = 10 \lg U_1/U_2$, где U_1 — напряжение на входе; U_2 — напряжение на выходе. В нашем случае $U_1 = Am \cos \Omega t$; $U_2 = Am\gamma \cos \Omega t$, следовательно, $b_р = -10 \lg \gamma$, или

$$b_р = -10 \lg \tau'/T. \qquad (1.2)$$

Если в ОТП имеется n каналов, то $\tau' = pT/n$. Тогда $b_р = -10 \lg p/n$, или

$$b_р = 10 (\lg n - \lg p). \qquad (1.3)$$

Таким образом, рабочее (и вносимое) затухание в идеальной системе импульсно-временной передачи с АИМ зависит как от числа временных каналов, так и от коэффициента p. Расчеты и экспериментальная проверка показывают, что затухание тракта передачи даже при небольшом числе каналов в ОТП значительно превышают допустимую норму (рис. 1.35).

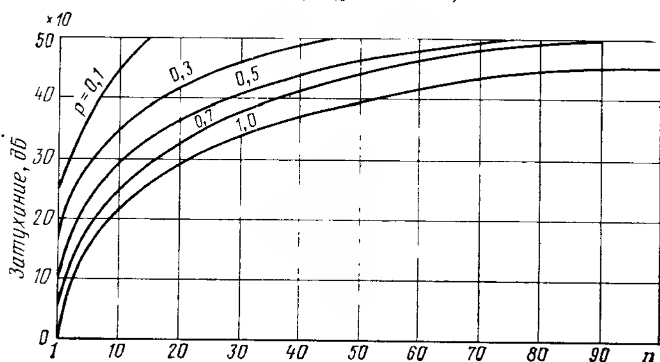


Рис. 1.35. Изменение затухания в тракте передачи с АИМ в зависимости от числа импульсных каналов в ОТП

Для компенсации затухания предложено несколько способов, но в настоящее время практическое применение нашли два способа: построение четырехпроводного тракта с усилителями низкой частоты в абонентских комплектах и способ резонансной передачи, предложенный Свалой и Якобом [132]. Иногда сочетают оба способа.

В первом случае (рис. 1.36) в линейном комплекте устанавливаются фильтр нижних частот ФНЧ и дифференциальная система ДС с балансным контуром БК и осуществляется переход на четырехпроводный тракт. В каждой части четырехпроводного

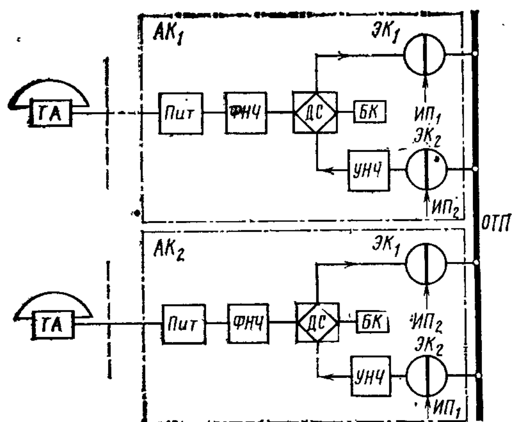


Рис. 1.36. Четырехпроводный тракт передачи АТСЭ с усилителем низкой частоты в АК

тракта включаются ЭК. На приемной стороне тракта включают усилитель низкой частоты УНЧ. Такое решение позволяет передавать в ОТП импульсы с небольшой амплитудой, а требуемый уровень передачи на входе линии получать с помощью УНЧ. Весь тракт может быть построен на маломощных полупроводниковых приборах. Основными достоинствами схемы являются:

возможность не только полной компенсации затухания, но и получение любого требуемого усиления;

сравнительно простой переход к любой системе передачи;

возможность передачи по четырехпроводной системе, а также возможность четырехпроводной коммутации.

Недостаток схемы состоит в том, что для каждого направления передачи требуется отдельный временной канал.

Во втором случае вместо перехода на четырехпроводный тракт используется накопление энергии в конденсаторах двухпроводного тракта (рис. 1.37). Конденсаторы C_1 и C_2, накапливающие заряд, представляют собой оконечные конденсаторы ФНЧ. Конденсаторы с катушками индуктивности L_1 и L_2 образуют фильтры-накопите-

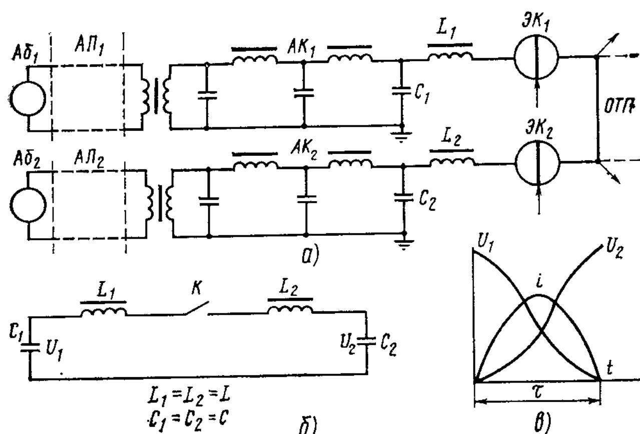


Рис. 1.37. Двухпроводный тракт с АИМ и резонансной передачей в АТСЭ:

а) абонентская часть тракта; *б*) упрощенная принципиальная схема; *в*) графики токов и напряжений

ли, действующие следующим образом. Энергия низкочастотного сигнала, поступающего с линии $АЛ_1$, накапливается на конденсаторе C_1. Когда $АЛ_1$ при открывании электронных контактов $ЭК_1$ и $ЭК_2$ соединяется с $АЛ_2$, этот конденсатор через резонансный контур, образованный C_1, L_1, L_2 и C_2, разряжается, а конденсатор C_2 заряжается.

Рассмотрим принцип резонансной передачи на упрощенной схеме. Предположим, что ключ К разомкнут, конденсатор C_1 заряжен до напряжения $U_1=E$, а заряд конденсатора C_2 равен нулю. При замыкании ключа создается колебательный контур C_1, L_1, L_2, C_2. В цепи возникает ток $i=[E/(2\omega L)]\sin\omega t$, где ω — собственная частота контура. Напряжение на конденсаторах будет изменяться согласно формулам

$$U_1=(1/2)E(1+\cos\omega t); \quad U_2=(1/2)E(1-\cos\omega t). \qquad (1.4)$$

Если время замыкания ключа $\tau'=\pi/\omega$, то, как следует из (1.4), к моменту размыкания ключа напряжение на конденсаторе C_1 будет равно нулю, а на C_2 — равно E. Таким образом, энергия из конденсатора C_1 будет передана в конденсатор C_2. Если элементы контура идеальны, то энергия передается без потерь.

Электронные контакты замыкаются на время τ' через одинаковые промежутки времени T, значительно превышающие τ'. Сопротивления источника и нагрузки выбираются таким образом, чтобы за время между двумя последовательными замыканиями ЭК $(T-\tau)$ конденсатор C_1 успел зарядиться до амплитудного значения сигнала, а конденсатор C_2 полностью разрядиться через нагрузку. За время замыкания ЭК конденсатор C_1 передает свою энергию конденсатору C_2. При полной симметрии схемы обеспечивается двусторонняя передача сигнала.

Элементы тракта передачи с АИМ. В тракте передачи с АИМ используются три основных элемента: ЭК, ФНЧ и разрядное устройство. Электронные контакты рассмотрены в гл. 2.

Фильтры нижних частот. В тракте передачи с АИМ они необходимы для выделения низкочастотных составляющих на приемном конце разговорного тракта. Кроме того, эти фильтры на передающем конце не дают возможности токам с частотами, лежащими выше частоты среза фильтра, проникать в модуляторы (ЭК), устраняя тем самым искажения за счет возможного появления комбинационных частот в полосе пропускания фильтра. При упрощенном расчете ФНЧ полагают, что фильтр со стороны ЭК работает на бесконечно большое сопротивление. Теоретическую частоту среза фильтра $f_{ср}$ выбирают минимально возможной, соблюдая неравенство $f_{ср}\geqslant f_c$, где f_c — максимальная частота передаваемых сигналов. Частота среза должна равняться половине частоты следования канальных импульсов. При таком выборе теоретической частоты среза, без значительного усложнения конструкции фильтра, можно обеспечить эффективную передачу спектра частот до 3,4 кГц.

Для тракта АТСЭ с импульсно-временны́м делением каналов, использующего принцип резонансной передачи, возможно применение четырехэлементных и семиэлементных фильтров (рис. 1.38).

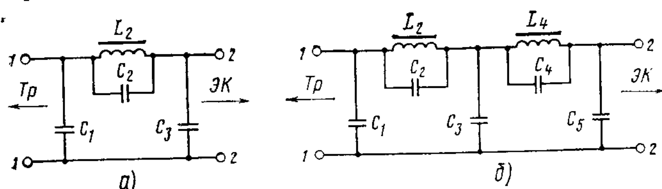


Рис. 1.38. Схемы фильтров нижних частот в тракте передачи с АИМ АТСЭ:
а) четырехэлементного; *б*) семиэлементного

Для расчета таких фильтров используются методы, аналогичные применяемым для расчета фильтров систем передачи, например метод *Z*-преобразования. При расчете следует учитывать, что действующая емкость резонансного контура $C_{действ}$ определяется не только емкостью оконечного конденсатора. Так, для четырехэлементного фильтра (рис. 1.38, *а*)

$$C_{действ} = \frac{1}{2}\left(C_3 + \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}\right).$$

Разрядное устройство. В тракте передачи электронной АТС с АИМ переходное затухание между каналами зависит от взаимного расположения импульсов канальных последовательностей, причем максимальный уровень переходного разговора наблюдается между каналами, образуемыми импульсами двух соседних последовательностей. Основной причиной возникновения переходного разговора является накопление заряда на распределенной емкости ОТП. Так как защитный интервал времени между каналами мал, этот заряд не успевает рассеяться к моменту поступления следующего канального импульса и вызывает появление переходного разговора в соседнем канале. Для его устранения между ОТП и «землей» включается разрядное устройство РУ, представляющее собой электронный контакт. Этот ЭК управляется специальной импульсной последовательностью, которая открывает его после каждого канального импульса на время, несколько меньшее времени защитного интервала между импульсами двух соседних последовательностей. В течение данного времени ОТП соединен с «землей». Блокинг-генератор для управления РУ должен иметь малую скважность. Формы импульсов в общем тракте передачи при наличии РУ и без него показаны на рис. 1.39. При отсутствии РУ срез импульса одного канала перекрывает импульс соседнего канала. Разрядное устройство резко укорачивает длительность среза импульса. На этом же рисунке приведены временны́е параметры каналообразующих импульсов и импульсов, поступающих на РУ. Принцип подключения РУ к ОТП показан на рис. 1.34.

Применительно к АТСЭ использование АИМ имеет ряд существенных недостатков:

для получения высококачественного тракта передачи необходимо обеспечить затухание между импульсными каналами не ниже 80 дБ, что представляет значительные трудности;

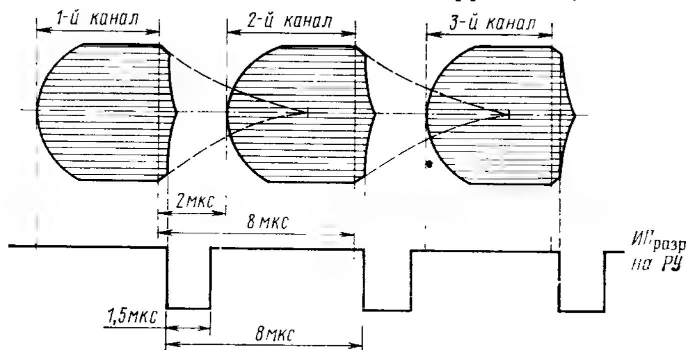


Рис. 1.39. Действие разрядного устройства в ОТП:
——— — форма импульсов в ОТП при включенном РУ; — — — — то же, при выключенном РУ

из-за низкой помехоустойчивости АИМ при передаче по соединительным линиям должен осуществляться переход на низкую частоту или переход на ИКМ;

модулированные по амплитуде импульсы невозможно хранить в запоминающих устройствах. Следовательно, при непосредственной коммутации временных каналов с АИМ различных ОТП коммутировать можно только одноименные каналы с одинаковыми временными положениями, а это приводит к большим потерям или увеличению объема оборудования, либо требует перехода на низкую частоту.

По этой причине АИМ используется для построения разговорного тракта, в первую очередь в концентраторах цифровых АТС, в которых после амплитудно-импульсной модуляции сигналы кодируются и передача по линиям осуществляется с использованием ИКМ, а также в учрежденческих АТС малой и средней емкостей.

1.6. Принципы построения внутристанционного тракта передачи цифровых АТС

1.6.1. Импульсно-кодовая модуляция

При амплитудно-импульсной модуляции передаются импульсы различной амплитуды. Значение амплитуды импульса в данном случае можно передать с помощью самого импульса или результатов его измерения. Для этого, выбрав на передающей стороне

эталон для измерения, определяют амплитуду модулированного импульса и передают на приемную сторону результат измерений в цифровой форме. Наиболее просто принимать и передавать импульсы, имеющие одинаковую амплитуду, так как требуется только установить наличие (1) или отсутствие импульса (0). Результаты измерения целесообразно передавать в двоичной системе счисления, для чего производится пересчет (кодирование) этих результатов в двоичном числе. Следовательно, сущность ИКМ заключается в том, что кроме дискретизации производятся измерение амплитуды сигнала, отсчет и кодирование результатов измерения. Таким образом, при ИКМ аналоговый сигнал дискретизируется, квантуется и кодируется.

При идеальной передаче воспроизводимый сигнал отличается от передаваемого не больше, чем на половину кванта. Искажения, вносимые квантованием, называют шумами квантования. Вместо аналогового сигнала передаются значения ограниченного числа амплитуд сигнала, которые называют разрешенными уровнями. Интервал между двумя разрешенными уровнями называют шагом квантования. Чем меньше шаг квантования, тем точнее воспроизводится сигнал и, следовательно, лучше качество передачи. Однако с уменьшением шага квантования увеличивается число значений (уровней) амплитуд, т. е. увеличивается число передаваемых импульсов. Практически установлена зависимость между числом уровней квантования и качеством телефонной передачи (табл. 1.3), из которой видно, что для высококачественной теле-

Таблица 1.3. **Зависимость между качеством передачи речи и числом уровней квантования**

Качество речи	Число уровней квантования	Число импульсов в кодовом слове	Качество речи	Число уровней квантования	Число импульсов в кодовом слове
Очень плохое	$8=2^3$	3	Хорошее	$64=2^6$	6
Плохое	$16=2^4$	4	Очень хорошее	$128=2^7$	7
Посредственное	$32=2^5$	5	Отличное	$256=2^8$	8

фонной передачи требуется не меньше 128 значений уровней амплитуд.

Импульсы кодированного отсчета образуют кодовое слово. Кодовые слова всех временных каналов в ОТП образуют цикл, а несколько циклов объединяется в сверхциклы — кадры (рис. 1.40). Таким образом, на передающей стороне передаваемый сигнал измеряется, квантуется и кодируется. На приемной стороне после восстановления принятых искаженных в линии импульсов осуществляется обратное преобразование: декодирование и формирование низкочастотного сигнала (демодуляция). Принципы ИКМ и построение аппаратуры с ИКМ подробно изложены в [32].

Как указано в табл. 1.3, для хорошего качества передачи необходимо не менее 128 уровней квантования. В этом случае в

кодовом слове будет семь временны́х положений (единиц и нулей). Для передачи служебных сигналов достаточно введения еще одного положения. Синхронизация может быть осуществлена использованием дополнительного (восьмого) положения не в каждом кодовом слове, а в цикле. В настоящее время принято иметь

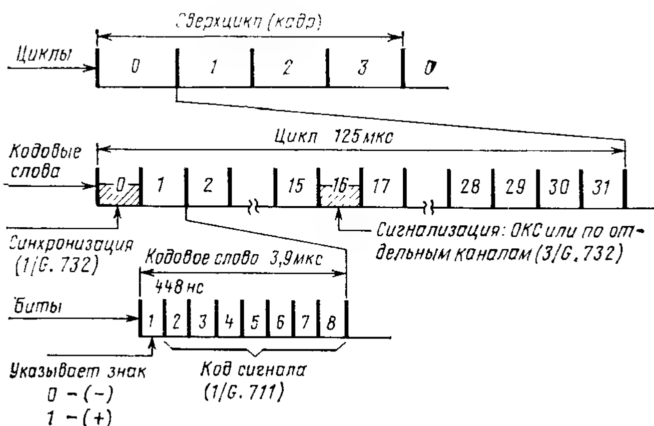


Рис. 1.40. Организация кодовых слов, циклов и сверхциклов в тракте с ИКМ

в кодовом слове, иногда называемом кодовой группой, восемь временны́х положений. Эти временны́е положения часто называют импульсами независимо от того, передается в данном положении импульс или нет, а также битами (binary digit — двоичная единица) по аналогии с цифровой техникой.

При импульсно-кодовой модуляции (ИКМ) для передачи информации используются импульсы одинаковых амплитуды и длительности (ширины), при этом важно только наличие или отсутствие импульса на определенных местах, а не их форма. Это значительно повышает помехоустойчивость передачи, поэтому ИКМ нашла широкое применение при построении аппаратуры передачи для линий связи.

Существуют и другие виды импульсной модуляции, например дельта-модуляции и адресно-кодовая модуляция.

В отличие от передачи с ИКМ, при дельта-модуляции оценивается не абсолютное значение амплитуды, а ее приращение (положительное или отрицательное), и в соответствии с этим приращением в ОТП посылается положительный или отрицательный импульс. При дельта-модуляции требуются значительно большая частота дискретизации, чем при других видах модуляции (до 64 000 имп/с), и передача в ОТП результатов каждого отсчета.

Для уменьшения частоты дискретизации и сокращения числа передаваемых в ОТП импульсов, а следовательно, при одинаковых ОТП с целью получения большего числа временны́х каналов разработаны различные разновидности ИКМ и дельта-модуляции,

например компандированные системы. Наиболее полно дельта-модуляция рассмотрена в [11, 63].

В телефонной коммутационной технике в настоящее время практически применяется в основном только ИКМ, хотя известно несколько АТС с использованием дельта-модуляции и экспериментальных АТС с адресно-кодовой коммутацией [103]. Поскольку аппаратура передачи, работающая на линиях дальней связи и межстанционных соединительных линиях, как правило, построена на основе ИКМ, то использование этого вида модуляции в коммутационном оборудовании позволяет избежать дополнительных преобразований, упростить и удешевить оборудование.

При введении аналоговых линий в цифровые АТС до перехода к ИКМ могут быть использованы различные предварительные преобразования. Выбор способа преобразования определяется доступной элементной базой, стоимостью элементов и др.

Введение цифровой техники в телефонную связь обусловлено следующими существующими и предполагаемыми ее достоинствами:

цифровые каналы связи могут иметь высокую надежность, которую невозможно получить в аналоговых каналах;

цифровые системы передачи и коммутации потенциально имеют высокую технологичность производства, а это должно способствовать повышению производительности труда при изготовлении, монтаже и настройке оборудования и уменьшению его стоимости;

цифровые системы передачи и коммутации позволяют практически полностью автоматизировать процессы эксплуатации (проверку, настройку) и в результате значительно повысить производительность труда обслуживающего персонала и уменьшить эксплуатационные расходы.

Сочетание цифровых систем передачи и коммутации приводит к значительному сокращению номенклатуры оборудования, уменьшению его объема и повышению качества передачи.

1.6.2. Цифровые системы передачи

Для выяснения особенностей цифровых систем передачи рассмотрим их использование на межстанционных соединительных линиях. Представим себе соединение, установленное между двумя абонентами и проходящее через три АТС (рис. 1.41,*а*): декадно-шаговую, координатную и квазиэлектронную. На концах соединительных линий, связывающих эти АТС, установлена оконечная аппаратура ИКМ. В АТС аппаратура ИКМ включается через комплекты реле соединительных линий РСЛ. Комплекты содержат дифференциальные системы ДС, обеспечивающие переход с двухпроводного внутристанционного тракта на четырехпроводный тракт цифровой аппаратуры передачи (рис. 1.41,*б*). При четырехпроводном транзитном соединении ДС выключаются. В качестве соединительной линии используется четырехпроводная (обязательно) физическая линия, в которой два провода предназначены для

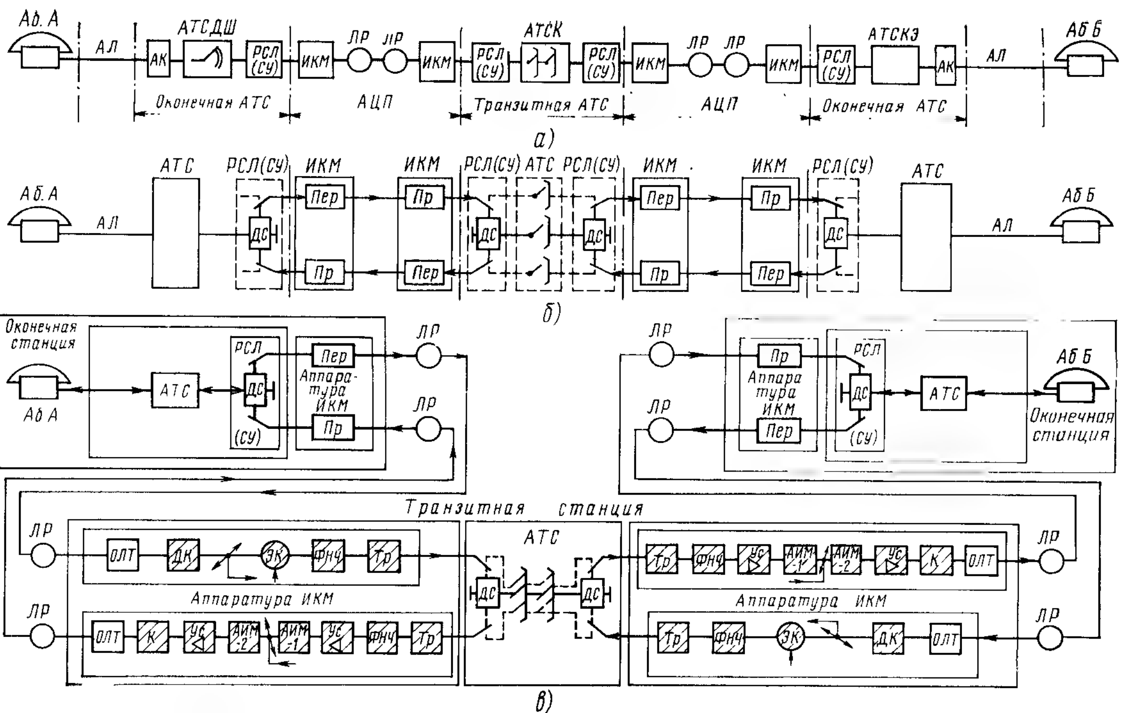


Рис. 1.41. Аппаратура цифровой передачи на межстанционных соединительных линиях

передачи в одну сторону и два провода — в другую. На соединительных линиях устанавливаются линейные регенераторы ЛР.

На передающей стороне (рис. 1.41, *в*) оконечная аппаратура содержит: трансформатор Тр; фильтр нижних частот ФНЧ; усилитель Ус; модулятор АИМ-1 (первого рода), обеспечивающий взятие отсчета; модулятор АИМ-2 (второго рода); второй усилитель; кодер К н оконечный линейный транслятор ОЛТ. Низкочастотный речевой сигнал, поступающий от ТА, как это было рассмотрено при описании АИМ, поступает на модулятор АИМ. В результате получаются модулированные по амплитуде импульсы, вершины которых имеют форму соответствующего участка модулирующего сигнала (АИМ первого рода). Устройства до АИМ-1 включительно являются индивидуальными для каждого канала. Затем следует объединение индивидуальных устройств. Импульсы с АИМ-1 последовательно от разных индивидуальных устройств через индивидуальные ЭК поступают на общий модулятор АИМ-2, в котором вершины импульсов выравниваются. Модулированные импульсы усиливаются, а затем кодером квантуются и кодируются. В результате получают кодовые слова, образованные сочетанием однополярных импульсов. Оконечный линейный транслятор преобразует эти импульсы к внду, удобному для передачи по линии: в квазнтроичные импульсы, код HDB и другие (рис. 1.42), после чего они передаются в линию.

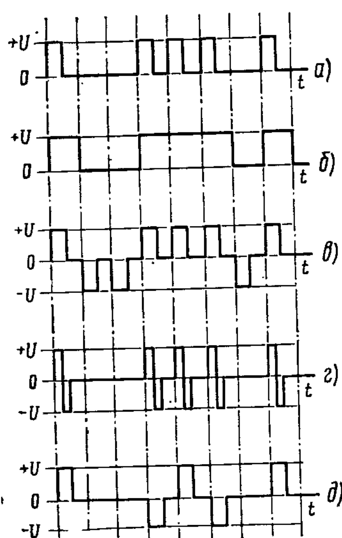


Рис. 1.42. Способы передачи импульсов по линейному тракту:

а) однополярная двухуровневая двончная последовательность импульсов со скважностью 2; *б*) то же, со скважностью 1; *в*) биполярная двончная последовательность импульсов; *г*) последовательность двойных импульсов с пассивной паузой; *д*) последовательность квазнтроичных (биполярных) импульсов

Ослабленные и частично искаженные импульсы принимаются линейными регенераторами, восстанавливаются и снова передаются в линию. Дистанционное электропитание линейных регенераторов осуществляется из ОЛТ.

В приемной аппаратуре встречной станции импульсы принимаются, восстанавливаются, преобразуются в однополярные импульсы и поступают в декодер ДК, где декодируются, а затем через индивидуальные ЭК распределяются по соответствующим каналам. В ФНЧ из этих импульсов выделяется низкочастотный сигнал, который через трансформатор поступает в РСЛ.

При транзитной коммутации соединение может осуществляться как по четырехпроводной, так и по двухпроводной схемам

(последнее крайне нежелательно). При четырехпроводной схеме на АТС коммутируются четыре провода (две пары). По одной паре низкочастотный сигнал передается в одну сторону, по второй — в другую. Пройдя через станцию, сигнал вновь преобразуется в цифровую форму, передается по линии, принимается на оконечной станции, преобразуется в аналоговую форму, коммутируется и поступает в телефонный аппарат абонента Б.

Рассмотрев процесс прохождения низкочастотных сигналов, можно сделать следующие выводы:

1. На оконечных АТС необходимо осуществить переход с двухпроводного тракта на четырехпроводный и преобразование аналоговых сигналов в цифровые (А/Ц) на передаче и цифровых в аналоговые (Ц/А) на приеме.

2. При транзитном соединении необходимо из тракта выделить индивидуальные сигналы, преобразовать их в аналоговые, скоммутировать, снова объединить в соответствующем направлении и затем преобразовать в цифровые.

3. Для того чтобы избежать при транзитиом соединении последовательного включения в низкочастотный тракт двух дифференциальных систем и связанного с этим ухудшения качества передачи, необходима четырехпроводная коммутация.

4. При транзитной коммутации последовательно соединяются по низкой частоте (в особенности при двухпроводной транзитной коммутации) два участка СЛ и происходит суммирование по определенным законам вносимых ими затуханий, шумов и искажений.

Преобразования А/Ц и Ц/А на концах тракта неизбежны. Также необходимо разделение тракта на отдельные каналы для коммутации, так как после транзитной коммутации каналы могут быть различных направлений. После коммутации каналы должны быть объединены в общий тракт передачи.

Следует отметить, что переход на низкую частоту ухудшает параметры тракта передачи и увеличивает объем оборудования. Если бы удалось без декодирования выделить цифровые каналы и скоммутировать их, а затем объединить в требуемых направлениях, то можно было бы значительно уменьшить объем оборудования аппаратуры передачи на транзитной станции и улучшить качество тракта передачи. Такие решения найдены как для аналоговых, так и для цифровых АТС. Сущность их будет рассмотрена в следующем разделе. Эти решения приводят к тому, что из аппаратуры цифровой передачи на транзитной станции остается только оконечный линейный транслятор.

Как видно из рис. 1.41, кодирующее и декодирующее устройства (общее название кодек) в аппаратуре передачи являются групповыми, т. е. общими для всех каналов системы. Объединение каналов происходит на входе АИМ-1, а разделение — на выходе декодера.

В настоящее время в цифровой аппаратуре передачи в качестве основного цифрового канала связи принят канал со скоро-

стью передачи 64 кбит/с. На основе этого канала строятся различные цифровые системы передачи. Максимальное число временны́х каналов в ЦСП определяется частотой дискретизации, числом бит в кодовом слове, возможностями используемых полупроводниковых приборов и типом кабеля, предназначенного для работы системы. Конкретное число каналов в системе передачи выбирается исходя из следующих двух критериев:

необходимости согласования работы цифровой системы передачи с существующими системами передачи с частотным разделением;

удобства согласования системы передачи ИКМ с устройствами управления, построенными на принципах вычислительной техники с использованием двоичных кодов.

Разработаны две оснвные системы ИКМ: в США на 24 ($\mu=255$) и в Европе на 32 ($A=87{,}6$) канала. Поток двоичных импульсов в этих системах образует основной цифровой поток, передаваемый со скоростью 1,556 и 2,048 Мбит/с соответственно. Объединением нескольких систем ИКМ-24 или ИКМ-30/32 с помощью соответствующей аппаратуры и добавления служебных импульсных последовательностей создаются другие виды цифровых систем передачи (табл. 1.4) более высокого порядка. Возможно создание систем ИКМ и с малым числом каналов, например ИКМ-8, ИКМ-12, ИКМ-15/16. Принцип их построения аналогичен построению ИКМ-30/32. Следует отметить, что при уменьшении числа каналов стоимость канала возрастает и аппаратура становится менее экономичной.

Кроме указанного способа цифровые потоки образуются также объединением различных цифровых последовательностей, не имеющих отношения к ИКМ. Для временно́го объединения и разделения таких потоков используются цифровые устройства, называемые объединителями (мультиплексорами) и демультиплексорами (общее название мулдекс). Большое достоинство цифровых систем состоит в том, что они позволяют различными способами (цифровым синхронным или асинхронным) вводить другие потоки или выделять цифровые потоки с меньшей скоростью передачи.

Таким образом линейный тракт, начиная от ОЛТ, может быть одинаковым и общим для различных ЦСП. При этом важны форма передаваемых импульсов (биполярные, квазитроичные и др.) и скорость передачи. Линейные регенераторы предназначены для восстановления и усиления импульсов в цифровом потоке. Расстояние между регенераторами зависит в основном от числа каналов в системе передачи (длительности передаваемых импульсов) и типа кабеля. При работе системы ИКМ-30/32 (цифровой поток первого порядка, скорость передачи 2,048 Мбит/с) по кабелю типа Т (диаметр жилы 0,5 мм), расстояние между регенераторами 1,5—2,0 км, а для системы ИКМ-120 (цифровой поток второго порядка, скорость передачи 8,448 Мбит/с), работающей по кабелю МКС, 5—7 км.

Таблица 1.4. **Характеристики цифровых систем передачи**

Цифровые потоки	Цифровые системы передачи, организуемые на основе							
	ИКМ-24					ИКМ-30/32		
	США			Япония		СЕРТ и СССР		
	Условное обозначение	Число основных каналов в потоке	Скорость передачи, Мбит/с	Число основных каналов в потоке	Скорость передачи, Мбит/с	Условное обозначение	Число основных каналов в потоке	Скорость передачи, Мбит/с
Основной	—	1	0,064	1	0,064	ОЦ* / DS64K**	1	0,064
Субпервичный	—	—	—	—	—	СЦ	8	0,064×8= =0,512
Первичный	T1	24	0,064×24+ +0,008=1,544	24	0,064×24+ +0,008= =1,544	ПЦ / DS2	30/32	0,064×32= =2,048
Вторичный	T2	24×4=96	1,544×4+ +0,136=6,312	24×4=96	1,544×4+ +0,136= =6,312	ВЦ / DS8	30/32×4= =120/128	2,048×4+ +0,256= =8,448
Третичный	T3	96×7=672	6,312×7+ +0,552=44,736	96×5=480	6,312×5+ +0,504= =32,064	ТЦ / DS34	120/128× ×4=480/512	8,448×4+ +0,572= =34,368
Четверичный	T4	672×6=4032	44,736×6+ 5,760=274,176	480×3=1440	32,064×3+ +1,536= =97,728	ЧЦ / DS139	480/512×4= =1920/2048	34,368×4+ +1,792= =139,264
Пятиричный	T5	4032×2=8064	274176×2+ +8=556,352	1440×4=5760	97,728×4+ +6,288= =397,200	DS65	1920/2048× ×4=7680/ 8192	139,264×4+ +8,092= =565,148

* В числителе — обозначение, принятое в СССР, в знаменателе — в западно-европейских странах.
** DS (Digital System) — цифровая система.

До настоящего времени в аппаратуре ЦСП использовались групповые быстродействующие кодеки, поскольку эти устройства являются достаточно дорогими и применение их в индивидуальных каналах было неэкономично. С развитием цифровых АТС кодеки необходимо будет устанавливать в АК и ТА (см. рис. 1.7), т. е. использовать их как индивидуальные. В последнее время разработаны кодеки, построенные на БИС. Их стоимость резко уменьшилась и оказалось возможным создавать индивидуальные

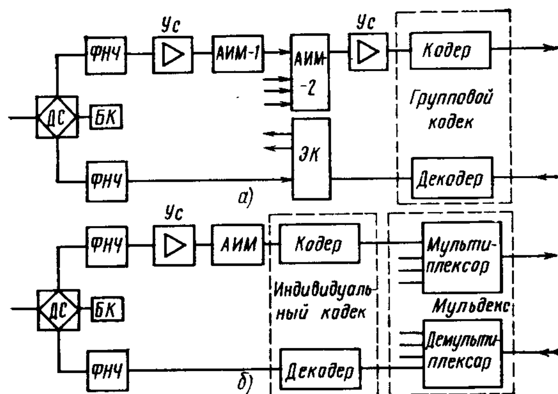


Рис. 1.43. Принцип построения цифровой аппаратуры передачи с групповыми (*а*) и индивидуальными (*б*) кодеками

кодеки. Если при групповом кодеке сигналы объединяются в аналоговой форме (АИМ) и затем кодируются, то при индивидуальных кодеках кодированные цифровые сигналы объединяются в цифровых мультиплексорах (рис. 1.43).

1.6.3. Внутристанционный тракт передачи цифровых АТС

АТС с ИКМ. Устройства ИКМ (кодеки) могут быть установлены в телефонном аппарате (цифровой ТА, рис. 1.44, *а*). Дифференциальная система при этом обычно не используется, а микрофон и телефон подключаются к цифровым устройствам отдельными цепями. Если все аппараты, включенные в АТС, цифровые, то при установленном между ними соединении образуется четырехпроводный цифровой тракт: ТА—АЛЦ—АК—КП(Ц) подстанции — СЛИКМ—К—КП(Ц) станции — К—СЛИКМ—КП(Ц) подстанции — АК—АЛЦ—ТА (см. рис. 1.7). Этот тракт по существу является трактом передачи, начинающимся в одном ТА и оканчивающимся в другом ТА. Рекомендации МККТТ по аппаратуре передачи изложены в Оранжевой книге т. III-2. Внутри подстанций и станций в данном случае должна обеспечиваться передача двоичных импульсов с требуемой верностью. Цифровая абонентская линия может быть двух- или четырехпроводной. По ней дол-

жна обеспечиваться передача цифровой информации и сигнализации. Для этого в телефонном аппарате и абонентском комплекте устанавливаются преобразователи кода ПК.

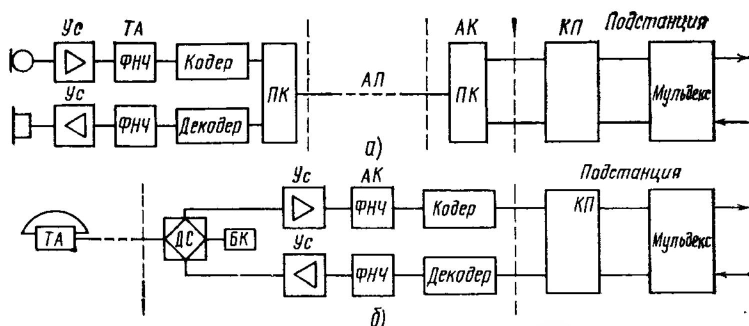


Рис. 1.44. Построения тракта передачи с индивидуальным кодеком

Если аналого-цифровое преобразование осуществляется в АК (рис. 1.44, *б*), то используются обычный ТА и двухпроводная аналоговая абонентская линия. При этом ВСТП является полностью цифровым, начинается от входа АК и оканчивается выходом другого АК.

В обоих рассмотренных случаях (в ТА и АК) должны использоваться индивидуальные кодеки. Но наибольшее распространение получили цифровые коммутационные станции, в которых аналого-цифровые преобразователи устанавливаются после подстанции, а аналоговое коммутационное поле подстанции выполняется двухпроводным и строится на герконах (гезаконах) или электронных элементах.

Как уже отмечалось, может быть использовано КП с АИМ и резонансной передачей (рис. 1.45). Абонентские линии через

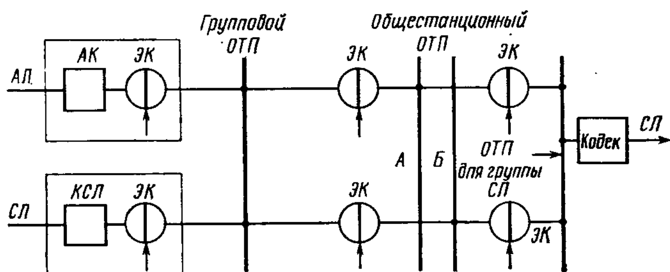


Рис. 1.45. Построения тракта с АИМ на подстанции

электронные контакты в АК подключаются к групповому ОТП. Такой общий тракт передачи предусматривается на группу абонентских линий. Групповые ОТП через ЭК подключаются к любому из двух общестанционных ОТП (А или Б), каждый из которых содержит 80 каналов с АИМ. Несколько каналов исполь-

зуется для служебных целей (передачи сигналов, подключения к приемникам), а остальные — для связи с кодеками аппаратуры передачи СЛ.

Таким образом, внутристанционный тракт передачи в цифровых АТС может содержать несколько самостоятельных участков. Аналоговые участки, как правило, двухпроводные, цифровые — четырехпроводные, на стыке аналоговых и цифровых участков устанавливаются А/Ц и Ц/А преобразователи.

АТС с дельта-модуляцией. Существует несколько десятков видов дельта-модуляции ДМ, основной из которых является линейная дельта-модуляция ЛДМ. В технике коммутации известно несколько АТС, в которых используются ЛДМ и дельта-сигма-модуляция ДСМ.

В учрежденческой АТС с ЛДМ двухпроводные аналоговые абонентские линии через дифференциальную систему ДС включаются в АК (рис. 1.46), а 32 АК образуют абонентскую группу. После-

Рис. 1.46. Построения тракта передачи с линейной дельта-модуляцией

довательности двоичных импульсов объединяются в мультиплексоре М и передаются в ОТП. При входящем соединении индивидуальные каналы с ЛДМ через мультиплексоры M_3 и M_2 направляются в абонентскую группу, где через демультиплексор ДМ распределяются по АК. Работой мультиплексоров и демультиплексоров управляет управляющее запоминающее устройство УЗУ. Частота дискретизации в данной АТС равна 800 000 имп/с. При внутригрупповом соединении в одном ОТП занимаются два временных канала. При межгрупповом соединении занимаются два временных канала в двух ОТП.

В связи с тем, что при дельта-модуляции частота дискретизации передаваемого сигнала значительно выше, чем при ИКМ, и

может достигать нескольких десятков или сотен килобит в секунду (32; 52; 64; 800 кбит/с), то спектр передаваемых частот при этом виде модуляции значительно шире. Последнее имеет важное значение, например, при вокодерной связи.

Включение цифровых трактов передачи. На цифровых местных коммутационных станциях, в отличие от аналоговых, осуществляется не только коммутация, но и преобразование аналогового сигнала в цифровую форму и наоборот. В аналоговых коммутационных станциях такое преобразование в необходимых случаях выполняется в аппаратуре передачи. На цифровых транзитных станциях производится коммутация только цифровых сигналов. Следовательно, на цифровых АТС различаются два вида ВСТП: с преобразованием и без преобразования сигналов. В ВСТП без преобразования параметры тракта передачи не изменяются. В тракте с преобразованием практически все его характеристики определяются параметрами преобразователей А/Ц и Ц/А.

Тракты передачи с временны́м разделением каналов по своим характеристикам лучше трактов передачи с частотным разделением каналов. Поэтому замена аппаратуры передачи с ЧРК на аппаратуру передачи с ВРК, как правило, должна приводить к улучшению качества тракта передачи. То же самое можно сказать и о низкочастотном тракте передачи, организованном по физической цепи (табл. 1.5).

Внутристанционный тракт передачи аналоговых АТС, особенно квазиэлектронных АТС, по своим параметрам значительно лучше тракта передачи аппаратуры с ВРК.

На цифровых АТС внутристанционный тракт передачи с преобразованием можно рассматривать как тракт аппаратуры с ВРК. Почти по всем параметрам он хуже, чем внутристанционный тракт аналоговых АТС, и включение аналоговых линий в цифровую АТС может ухудшить качество тракта передачи.

Самое низкое качество передачи будет при транзитном соединении на цифровой АТС двух аналоговых двухпроводных линий. В этом случае внутристанционный тракт, который должен удовлетворять Рекомендациям Q.45, заменяется по существу аппаратурой цифровой передачи с ИКМ, построенной по Рекомендации G.712. Однако все сказанное относится только к отдельно взятым линиям и трактам и реально может иметь место при беспорядочном внедрении цифровых АТС.

При последовательном соединении трактов передачи аппаратуры с ВРК, а также трактов аппаратуры с ВРК и цифрового ВСТП образуется последовательный тракт передачи с такими же характеристиками, какие имел каждый из двух соединяемых трактов. Расширение сферы действия цифрового ВСТП всегда приводит к улучшению качества передачи, так как его параметры практически не изменяются. Поэтому при внедрении цифровых АТС их связь с другими АТС необходимо осуществлять по цифровым СЛ.

Таблица 1.5. **Требования к основным параметрам трактов передачи**

Параметр	Каналы ТЧ			Внутрнстанцнонный тракт АТС	
	в системах с ЧРК		в цифровой аппаратуре передачн с ИКМ (Рекомендация G.712)	аналоговых (Рекомендация Q.45)	цифровых
	магистральной сети (2500 км)	местной сети (50 км)			
1	2	3	4	5	6
Вносимое (или остаточное) затухание на частоте 800 Гц, дБ	—	—	—	1	—
Среднеквадратическое отклонение от средней величины затухания на частоте 800 Гц, дБ	—	—	—	±0,2	—
Пределы изменения затухания по отношению к затуханию на частоте 800 Гц, дБ:	Превышение	Понижение			
0,3—0,4 кГц	1,4	0,6	—0,5÷+0,5	—0,2÷+0,5	—
0,4—2,4 кГц	0,6	0,6	—0,5÷+0,5	—0,2÷+0,3	—
2,4—3,0 кГц	0,8	0,6	—0,5÷+0,9	—0,2÷+0,5	—
3,0—3,4 кГц	1,4	0,6	—0,5÷+1,8	—0,2÷+0,5	—
Взаимная модуляция, дБ (%)	По сумме гармоник (1,5) По третьей гармонике (1)		35 —	40 —	— —
Нелинейные искажения, дБ	—	—	—	0,2	См. рис. 1.25
Затухание асимметрии, дБ, на частотах:	Не менее 43				
50—300 Гц			—	26	26
300—600 Гц			40	40	40
600—3400 Гц			40	46	46
Защищенность от внятного переходного разговора между каналами, дБ	70 для 90%; 65 для 100%	66 для 90%; 60 для 100%	65	70	65

Окончание табл. 1.5

1	2	3	4	5	6
Защищенность от внятного переходного разговора между разными направлениями передачи одного канала, дБ	55	55	60	60	—
Входное сопротивление, Ом	600	600	600	600	600
Затухание несогласованности (коэффициент отражения), дБ (%)	20 (10)	20 (10)	20 (10)	15 в диапазоне 0,3—0,6 кГц; 20 в диапазоне 0,6—3,4 кГц	20
Уровень шума в точке относительного нулевого уровня, дБмо (пВто):					
взвешенного	(10^4)	($2\cdot10^3$)	—65 (300)	—67 (200)	—65 (300)
невзвешенного	—46	—53	—40 (100 000)	—40 (100 000)	
Отклонение группового времени прохождения сигнала от значения, измеренного на частоте 1900 Гц, мкс, на частотах:					
0,5—0,6 кГц	—	—	1500	100	3000
0,6—1,0 кГц	—	—	750	100	3000
1,0—2,6 кГц	—	—	250	100	3000
2,6—2,8 кГц	—	—	1500	100	3000

Глава 2

Коммутационные поля

2.1. Принципы построения коммутационных полей

В предыдущей главе были рассмотрены принципы построения внутристанционного тракта передачи изолированно для каждого одиночного соединения. Но АТС — это система массового обслуживания, в ней одновременно существует и устанавливается множество соединений. Для обеспечения такой возможности элементы ВСТП объединяются в коммутационные матрицы и коммутационные блоки, которые группируются определенным образом и образуют коммутационное поле станции.

Коммутационные элементы размещаются на печатной плате в горизонтальных и вертикальных рядах, образуя прямоугольную матрицу, называемую в дальнейшем коммутационной. В ней все коммутационные элементы являются самостоятельными и связаны только монтажом. Если же они связаны конструктивно (механически или общими электрическими обмотками), то такой прибор будем называть многократным соединителем. На рис. 2.1,*а* по-

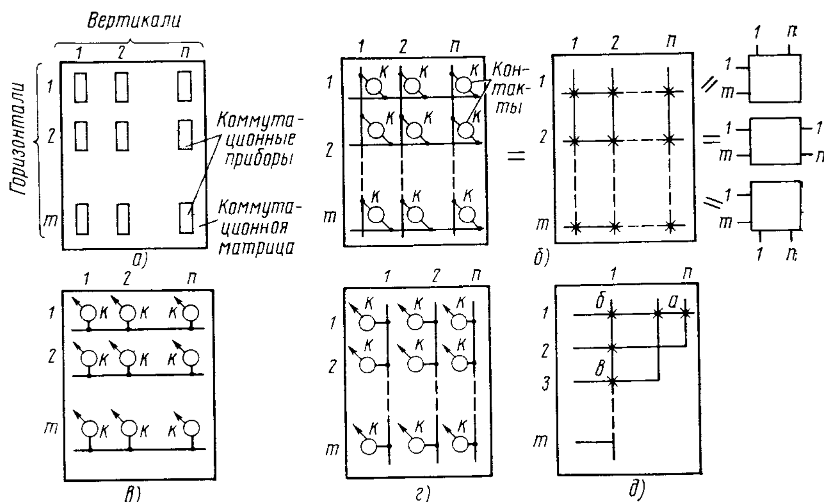


Рис. 2.1. Принцип построения коммутационных матриц аналоговых АТС

казана коммутационная матрица, имеющая m горизонтальных и n вертикальных рядов и состоящая из mn коммутационных элементов. Значения m и n могут колебаться в широких пределах (от 2 до 20). Число входов и выходов в коммутационной матрице берется равным 2 в различной степени (2^n, где $n=1, 2, 3, 4$). Произведение числа входов на число выходов и число коммутируемых контактов называют емкостью матрицы.

Контакты коммутационных элементов могут соединяться различным образом в зависимости от назначения коммутационной матрицы. Наиболее часто контакты соединяют так, что они образуют координатную сетку, в которой число горизонтальных и вертикальных рядов равно числу соответствующих рядов коммутационных элементов в коммутационной матрице. Горизонтальные ряды условно называют просто горизонталями, а вертикальные — вертикалями, хотя они и не являются конструктивными единицами. На рис. 2.1, *б* показано такое соединение контактов (К) в матрице, имеющей m горизонталей и n вертикалей, и ее условное обозначение. Как видно из приведенных рисунков, коммутационный элемент устанавливается в месте возможного соединения (пересечения) горизонтали и вертикали, и поэтому иногда условно этот прибор называют точкой пересечения, или точкой коммутации.

Поскольку в коммутационной матрице, в отличие от искателя или многократного координатного соединителя МКС, и горизонталь, и вертикаль могут быть как входом, так и выходом, то названия «вход» и «выход» в данном случае носят чисто условный характер. Кроме того, в коммутационной матрице, в отличие от МКС, горизонталь и вертикаль равноправны, так как для соединения соответствующей вертикали с одной из горизонталей в коммутационной матрице достаточно срабатывания только одного коммутационного элемента в точке коммутации. Исходя из этого коммутационную матрицу можно изображать в виде прямоугольника и квадрата, показывая входы и выходы с той стороны, где это удобно.

В некоторых случаях линии включаются не в горизонталь или вертикаль коммутационной матрицы, а непосредственно в контакты коммутационного элемента, установленного в точке коммутации соответствующих горизонтали и вертикали. Контакты при этом запараллеливаются только по горизонтали или по вертикали (рис. 2.1, *в* и *г*).

Если контакты в коммутационной матрице запараллелены по горизонталям и вертикалям, т. е. создается полнодоступная коммутационная матрица (коммутатор), то, так же как и в МКС, каждая вертикаль и каждая горизонталь могут участвовать одновременно только в одном соединении. В случае, когда требуется только взаимное соединение включенных в матрицу входов, можно использовать треугольные матрицы (рис. 2.1, *д*). Если треугольная матрица имеет n входов, то для обеспечения соединения любых входов необходимо $[n(n-1)]/2$ коммутационных элементов, при этом соединение двух входов осуществляется при срабатывании одного прибора. Например, соединение входа *1* с входом *2* осуществляется в точке коммутации *а*, входа *1* с входом m — в точке *б*, входа *3* с входом m — в точке *в*.

Емкость матрицы в квазиэлектронных и электронных АТС может быть различной, переход от одной емкости к другой не вызывает особых конструктивных затруднений. Это свойство комму-

тационных матриц оказывает значительное влияние на схемы группообразования АТСКЭ и АТСЭ, так как конструктивные параметры матрицы фактически не налагают никаких условий на разработку схем группообразования. Даже на одной станции часто используются матрицы различной емкости. Кроме того, иногда для образования матриц большой емкости объединяют несколько матриц в одну, соединяя горизонтали и вертикали.

Коммутационное поле станции должно быть построено таким образом, чтобы при минимальном числе точек коммутации обеспечивалось пропускание заданной нагрузки с требуемым качеством обслуживания, использовались простые устройства управления и была возможность расширения емкости станции. Поэтому, как правило, коммутационное поле станции строится из отдельных коммутационных блоков.

Пример построения одного блока показан на рис. 2.2. В блоке имеются два типа коммутационных матриц: А и В. Выходы

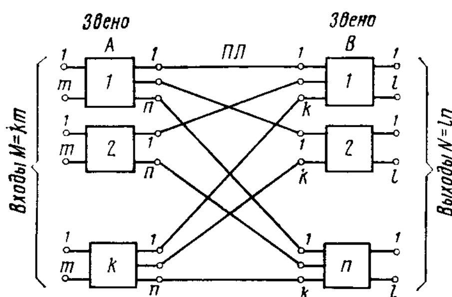


Рис. 2.2. Двузвенный коммутационный блок

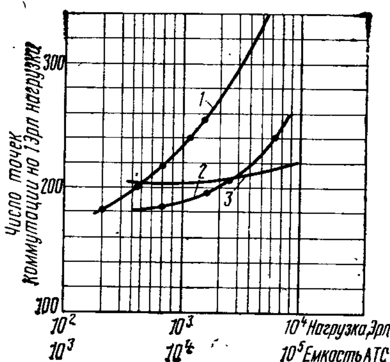


Рис. 2.3. Зависимость числа коммутационных точек КП от нагрузки и емкости АТС:

1 — четыре звена; *2* — шесть звеньев; *3* — восемь звеньев

матриц А связаны со входом матриц В промежуточными линиями ПЛ. Совокупность матриц одного вида, обеспечивающих коммутацию ПЛ, называют звеном. Таким образом, данный блок является двухзвенным, т. е. имеет два звена коммутации: А и В. Число коммутационных матриц в каждом звене может быть различным.

Каждая матрица первого звена может быть связана с каждой матрицей второго звена одной (односвязная схема), двумя (двухсвязная схема) и бо́льшим числом ПЛ. В односвязной схеме число матриц во втором звене, часто называемых вторичными матрицами, равно числу выходов из матрицы первого звена (первичных матриц).

В рассматриваемом двухзвенном блоке в начальный момент, когда нет других вызовов, любому входу доступен любой выход,

т. е. схема является полнодоступной. Если же в блоке установлены соединения, то может оказаться, что не будет свободных промежуточных линий для установления соединения от определенного занятого входа к определенному свободному выходу. В данном случае говорят, что схема имеет внутренние блокировки. Для уменьшения блокировок используют многозвеньевые схемы. Следует отметить, что могут быть созданы многозвеньевые неблокирующие коммутационные поля.

Блокировки приводят к потерям вызовов, а в системах с ожиданием к увеличению времени ожидания, т. е. в конечном счете к ухудшению качества обслуживания. Нормы на качество обслуживания зависят от типа станции и различны для разных национальных сетей. В табл. 2.1 приведены нормы по качеству обслуживания, рекомендуемые МККТТ. Нормы установлены исходя из экономичного построения оборудования и приемлемого качества обслуживания. За расчетную нагрузку принимается нагрузка в ЧНН, на которую была рассчитана станция. Под перегрузкой понимается увеличение нагрузки на 20% или числа вызовов на 40%.

Таблица 2.1. **Нормы по качеству обслуживания**

Параметр	Тип станции	Вид соединения	Значение параметра	
			при расчетной нагрузке	при перегрузке
Вероятность блокировки	Местная	Внутристанционное	$P<0{,}02$	$P<0{,}05$
		Входящее	$P<0{,}01$	$P<0{,}02$
		Исходящее	$P(1)^{*}<0{,}005$	$P(1)<0{,}05$
			$P(2)$, $P(3)$ изучается МККТТ	
	Транзитная	Транзитное	$P(1)<0{,}01$	$P(1)<0{,}05$
Вероятность задержки	Местная	Ожидание ответа станции при исходящем соединении	$P(>1с)^{**}<0{,}005$	$P(>1с)<0{,}005$
			$P(>3с)<0{,}001$	$P(>3с)<0{,}01$
		Ожидание ответа станции при входящем соединении	$P(>1с)<0{,}001$	$P(>1с)<0{,}01$
		Задержка при коммутации	$P(>2с)<0{,}005$	$P(>2с)<0{,}01$

* В скобках указано число попыток установления соединения.
** Вероятность ожидания — свыше 1 с.

Расчет пропускной способности в коммутационных системах

аналоговых АТС проводится на основе методов, разработанных Якобеусом, Лотце, А. Д. Харкевичем и другими. При высоком использовании линий (входов и выходов коммутационного поля) могут найти применение неблокируемые схемы. Основные исследования неблокируемых схем проведены Клозом [77]. Результаты работ Клоза изложены также в [5].

Блоки коммутационного поля в зависимости от числа последовательно соединенных коммутационных матриц или соединителей состоят из двух, трех и более звеньев. Число звеньев в КП зависит от его емкости (числа входов и выходов) и пропускаемой нагрузки. С увеличением емкости и нагрузки число звеньев, как правило, увеличивается. В настоящее время КП содержат от одного до восьми звеньев. Важнейшей характеристикой КП является число коммутационных элементов, приходящихся на 1 Эрл нагрузки или на одну линию (рис. 2.3).

Коммутационное поле может строиться с использованием двух- или трехзвенных блоков (третье звено выполняет функции смешивания) и выполнять функции концентрации и расширения. Коэффициент концентрации зависит от средней нагрузки на линию и изменяется обычно от 8 : 1 до 1 : 1 при изменении нагрузки от 0,08 до 0,5—0,7 Эрл.

Коммутационные поля должны обеспечивать определенное качество обслуживания абонентов, характеризуемое заданным коэффициентом потерь и качеством передачи. Необходимое качество обслуживания может быть достигнуто применением достаточного числа промежуточных линий между блоками различных видов и равномерного распределения этих линий. Требуемое рабочее затухание обеспечивается за счет малого переходного сопротивления контактов и их небольшого числа, включаемых в тракт передачи последовательно.

При большой емкости АТС (несколько тысяч или даже десятков тысяч абонентских линий) уменьшение числа последовательно включенных контактов в тракте передачи приводит к увеличению общего числа коммутационных элементов КП и, следовательно, относительного числа коммутационных элементов, приходящихся на одну линию. Увеличение же числа звеньев приводит к снижению общего числа коммутационных элементов, но при этом увеличивается число контактов, последовательно включенных в тракт передачи. Кроме того, увеличение числа звеньев усложняет устройства управления. Поэтому обычно ищут оптимальный вариант построения КП, когда заданной емкости АТС и заданным потерям соответствуют минимальное число коммутационных элементов и минимальное число звеньев.

2.2. Коммутационные поля квазиэлектронных АТС

В квазиэлектронных АТС используются коммутационные элементы с электрическим удержанием или магнитной блокировкой [37]. Коммутационный элемент с электрическим удержанием при

двухпроводном соединении обеспечивает коммутацию двух или трех проводов, а при четырехпроводном соединении — четырех или пяти. При магнитной блокировке коммутируются два или четыре провода. Коммутационные матрицы строятся в соответствии с изложенным в предыдущем разделе.

При использовании коммутационных элементов с электрическим удержанием (реле) каждый прибор изготовляется отдельно и объединяется в матрице монтажом (рис. 2.4). Образуются две

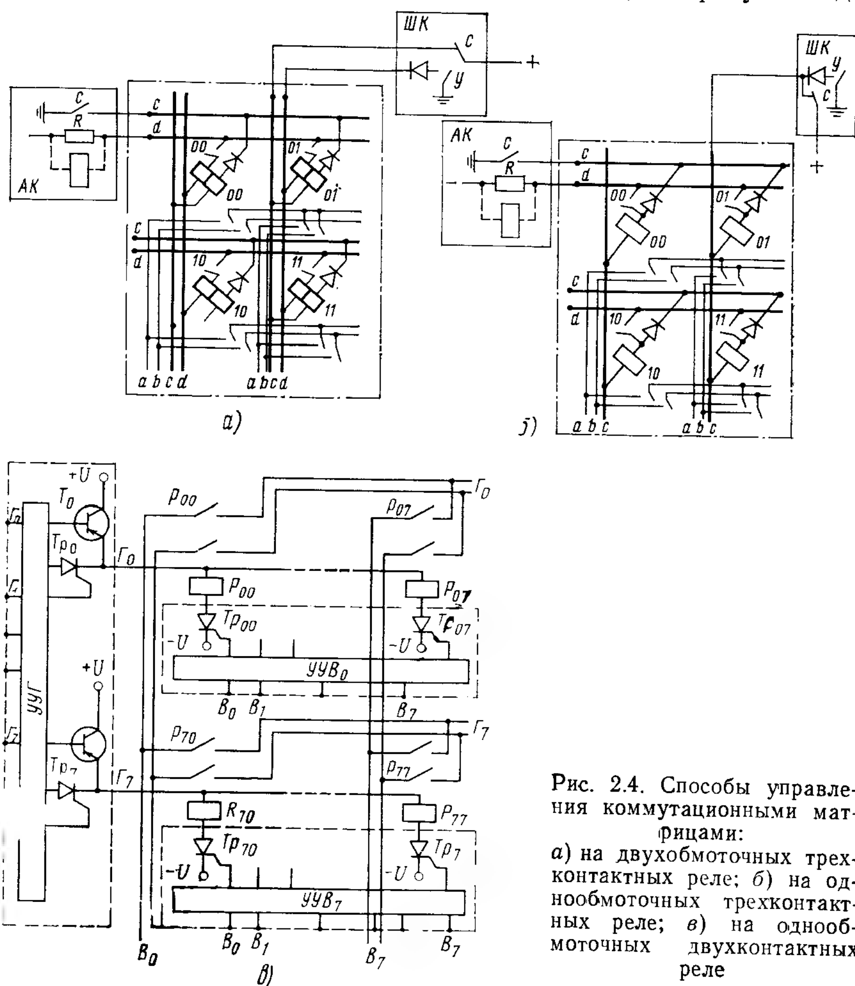


Рис. 2.4. Способы управления коммутационными матрицами:
а) на двухобмоточных трехконтактных реле; *б*) на однообмоточных трехконтактных реле; *в*) на однообмоточных двухконтактных реле

самостоятельные коммутационные сетки: сетка коммутации трактов передачи, образованная контактами магнитоуправляемых приборов (герконами или гезаконами), и сетка управления. Первая сетка выполняется в зависимости от назначения по одному из вариантов, показанных на рис. 2.1. Способ управления зависит от типа коммутационного элемента.

В случае применения двухобмоточных трехконтактных реле создаются цепи управления и удержания. (рис. 2.4, *а*). Для включения определенного реле в данной точке коммутации к соответствующим вертикали и горизонтали подаются напряжения. Чтобы исключить влияние обмоток других реле, каждая обмотка срабатывания включена через диод. После срабатывания реле своим контактом подключает к цепи удержания вторую обмотку — обмотку удержания. Цепь удержания не зависит от цепи срабатывания, и поэтому после выключения цепи срабатывания реле точка коммутации удерживается через обмотку удержания. Включение реле в точках коммутации матрицы осуществляется управляющими устройствами АТС по цепям управления, а удержание — шнуровым или служебным комплектами по третьему коммутируемому проводу.

Если реле имеет одну обмотку и три контакта, то включение его осуществляется, как и в предыдущем случае, через обмотку срабатывания и диод (рис. 2.4, *б*). Для удержания используется та же обмотка срабатывания. Цепь удержания замыкается через собственный контакт и коммутируемый провод удержания.

Возможно построение коммутационных матриц с электрическим удержанием на реле, имеющих одну обмотку и два контакта, используемых только при коммутации тракта передачи (рис. 2.4, *в*). Для управления такой матрицей каждая горизонталь имеет свое полупроводниковое управляющее устройство УУВ, обеспечивающее выбор вертикали и, кроме того, предусмотрено еще одно общее управляющее устройство УУГ на все горизонтали, обеспечивающее выбор горизонтали. Для включения определенной точки коммутации на определенный вход УУГ и УУВ подается напряжение. В управляющих устройствах логические схемы открывают соответствующий транзистор Т и включают тиристор Тр. В результате ток поступает, например, от «$+U$» через $Т_0$, горизонталь $Г_0$, реле $Р_{00}$, тиристор $Тр_{00}$ к «$—U$». Реле срабатывает и осуществляет коммутацию проводов тракта передачи. Удержание реле осуществляется через соответствующий тиристор в УУГ.

Коммутационные элементы матриц первых двух типов могут включаться в цепь удержания последовательно или параллельно (рис. 2.5). При обрыве цепи в ШК или комплекте соединительной линии элементы точек коммутации выключаются и разрывают тракт передачи. В третьем типе коммутационной матрицы для выключения реле точки коммутации в УУГ обрывается цепь тиристора $Тр_0$.

В многократных соединителях коммутационные элементы располагаются так же, как в коммутационной матрице. Каждый элемент имеет две обмотки: Г и В (рис. 2.6). Обмотки всех элементов, стоящих в одном горизонтальном (вертикальном) ряду, соединяют последовательно.

Для срабатывания определенного элемента необходимо подать одновременно ток в обмотки Г соответствующей горизонтали и В соответствующей вертикали. Значение тока в каждой обмотке

и его направление должны быть такими, чтобы при суммарном значении тока обеспечивалось срабатывание требуемого элемента, но в то же время ток, протекающий в одной обмотке остальных элементов выбранных горизонтали и вертикали, не должен вызывать срабатывание элементов. Так как в простейшем слу-

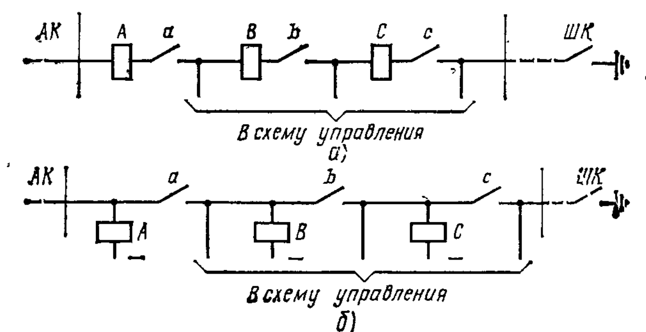


Рис. 2.5. Включение коммутационных приборов в цепь удержания:
а) последовательное; *б*) параллельное

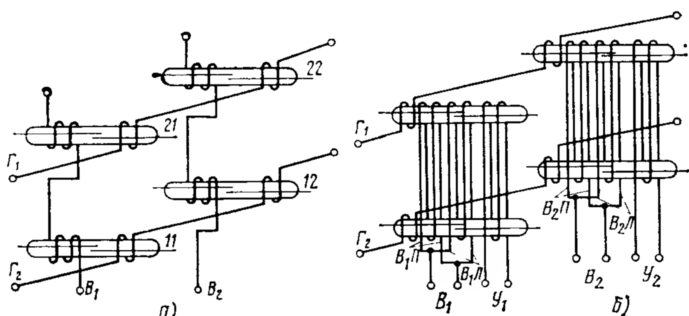


Рис. 2.6. Принцип построения многократных соединителей с электрическим удержанием:
а) на двухобмоточных реле, работающих на полутоках;
б) с общими вертикальными обмотками

чае ток в одной обмотке равен половине общего тока, то говорят, что многократный соединитель работает на полутоках.

Конструктивно обмотки В выполняются общими для всех приборов одной вертикали. При этом общая обмотка В для обеспечения лучшего срабатывания элемента делится на две части (ВП и ВЛ) и каждая часть размещается на разных концах герконов. Обе части обмотки запараллеливаются. Кроме того, для каждой вертикали предусматривается отдельная обмотка удержания У. Соединители, работающие на полутоках, требуют высокой стабильности тока и высокой точности изготовления коммутационных элементов. Поэтому во всех случаях, где это возможно, стремятся строить соединители, работающие на полных токах, т. е.

такие соединители, которые срабатывают тогда, когда в обмотки поступает ток.

В большинстве современных АТСКЭ многократные соединители строятся на коммутационных элементах с магнитной блокировкой. Наибольшее распространение получили многократные соединители на элементах типа феррид (МСФ).

Многократные соединители на ферридах принципиально строятся так же, как и на герконовых реле. Но феррид имеет магнитную блокировку, и в рабочем состоянии не требуется ток для его удержания. Для включения необходимо подать только импульс тока включения (рис. 2.7).

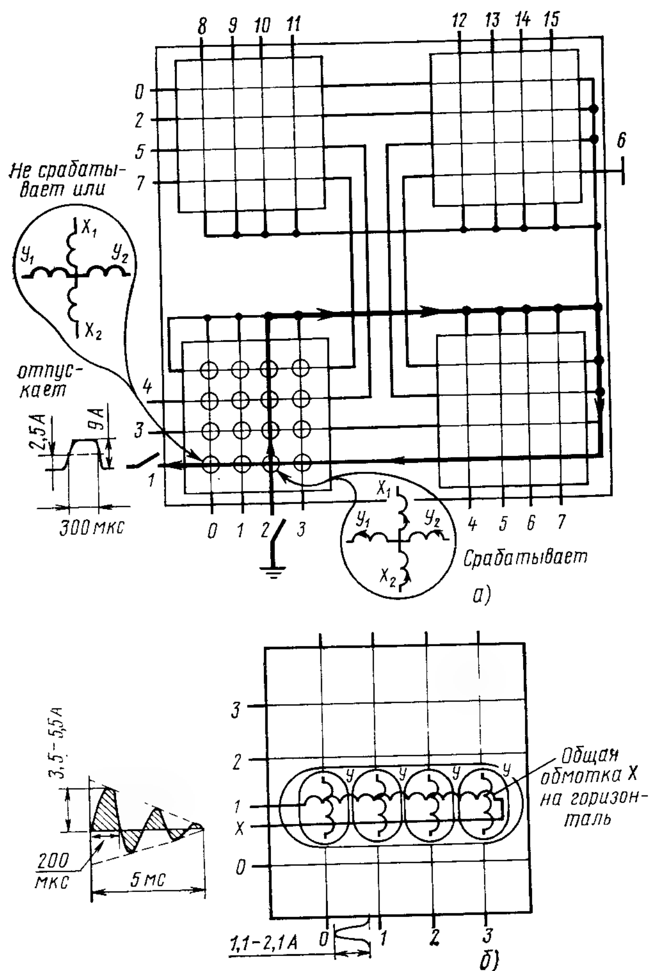


Рис. 2.7. Принцип построения многократных соединителей с магнитной блокировкой:

а) ферридового; *б*) интегрального

Каждый феррид имеет две обмотки (четыре полуобмотки X_1, X_2 и Y_1, Y_2), образующие дифференциальную систему. При прохождении тока по обеим обмоткам происходит срабатывание феррида, при прохождении тока по одной обмотке феррид не срабатывает, а если он находился в рабочем состоянии, то выключается. При построении соединителя первые обмотки ферридов одной вертикали соединяются последовательно. Вторые обмотки ферридов одной горизонтали также соединяются последовательно. Один из концов всех обмоток управления в матрице подключен к общей точке. Для срабатывания феррида в точке коммутации ток подается на ту горизонталь и ту вертикаль, на пересечении которых он находится. При этом ток, проходя по одной из двух обмоток всех ферридов, расположенных в той же горизонтали и той же вертикали, выключает указанные ферриды, если они были включены.

Обычно соединение устанавливается не по отдельным коммутационным матрицам, как в случае матриц с электрическим удержанием, а одновременно в двух соединителях двухзвенного блока.

С помощью реле (или тиристоров) выбираются вертикаль и горизонталь двух соединителей, по одному соединителю в каждом звене (рис. 2.7, *а*), а затем подается управляющий импульс, который проходит по выбранному пути и включает соответствующие ферриды. Так, в приведенной схеме для управления используются четыре группы реле (0—3) по восемь реле (0—7) в каждой группе (см. гл. 3 и рис. 3.26). Одна группа реле выбирает вертикаль в матрицах звена 0, вторая — матрицу в звене 0, третья — вертикаль в матрицах звена 1, четвертая — матрицу в звене 1. Срабатывание в каждой группе по одному реле определяет единственный путь импульса включения. Таким образом, одновременно в последовательной цепи срабатывают два феррида.

В Советском Союзе разработана оригинальная конструкция многократного интегрального соединителя МИС, принцип действия которого основан на использовании безгистерезисного цикла намагничивания-размагничивания сердечника из полутвердого магнитного материала [23]. Принцип действия МИС заключается в следующем (рис. 2.7, *б*). Каждый электромагнит имеет управляющую обмотку У. Обмотки магнитов одной вертикали включаются последовательно. Все магниты одной горизонтали охватываются общей управляющей обмоткой X. Для срабатывания магнитоуправляемых контактов в точке коммутации в соответствующую обмотку X подаются знакопеременные затухающие импульсы тока, а в обмотку У — прямоугольный импульс тока. При сложении магнитных полей, создаваемых управляющими токами, полутвердый магнит намагничивается согласно безгистерезисной кривой и магнитоуправляемые контакты замыкаются. Размагничивание полутвердого магнита и выключение контактов производятся при воздействии только серии знакопеременных затухающих импульсов тока. Таким образом, при использовании МИС требуется операция отбоя.

Построение коммутационного поля зависит от назначения АТС, ее емкости и построения структурной схемы. Коммутационное поле АТСКЭ может быть построено таким образом, что соединение любого вида устанавливается через одинаковое число звеньев. Такой способ наиболее часто применяют при общем КП на станции большой емкости, используемой в качестве РАТС на больших районированных ГТС.

Коммутационное поле с разделением на две ступени искания строится на ступени АИ из блоков со сжатием, а на ступени ГИ — из блоков, обеспечивающих только смешивание. При этом соединения различных видов могут проходить через разное число звеньев. На квазиэлектронных станциях большой емкости, как

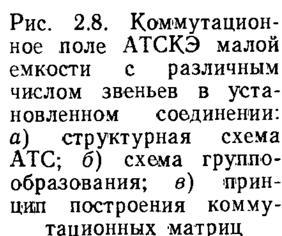
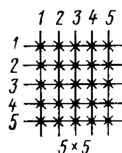


Рис. 2.8. Коммутационное поле АТСКЭ малой емкости с различным числом звеньев в установленном соединении: *а*) структурная схема АТС; *б*) схема группообразования; *в*) принцип построения коммутационных матриц



правило, применяются четырех- или трехкаскадные блоки, построенные на основе двухкаскадного блока, показанного на рис. 2.2. На таких же станциях небольшой емкости используются общие КП с малым числом каскадов, при этом для уменьшения блокировки при установлении входящих соединений или внутристанционных соединений от ШК вводится дополнительное звено коммутации (рис. 2.8). В данном случае исходящие соединения устанавливаются через три звена (A, B, C), входящие — через четыре звена (D, C, B, A) и внутристанционные — через семь звеньев (A, B, C, ШК, D, C, B, A). В этих же станциях для подключения регистров Рег к комплектам может использоваться отдельная ступень регистрового искания РИ.

В качестве примера рассмотрим группообразование общего восьмизвенного коммутационного поля, построенного на основе двухзвенных блоков (рис. 2.9). Коммутационное поле имеет ем-

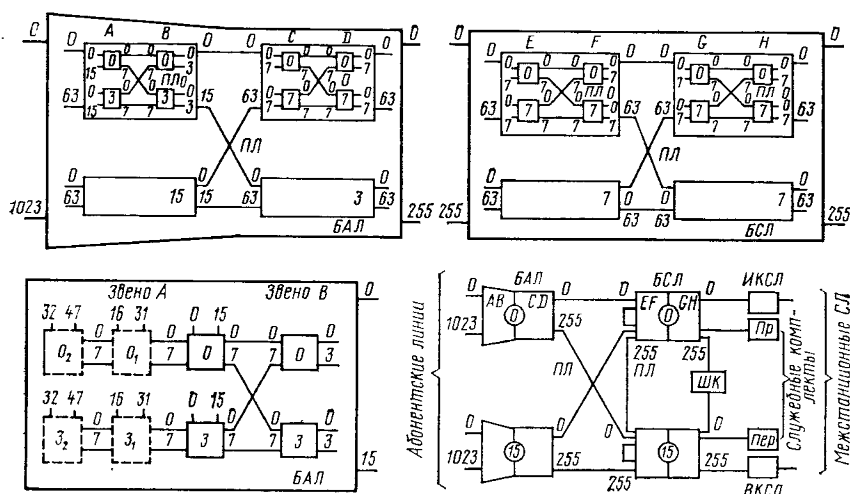


Рис. 2.9. Группообразование общего коммутационного поля АТСКЭ большой емкости

кость 16 384 абонентских и 4096 соединительных линий (комплектов). Оно состоит из 16 четырехзвенных блоков абонентских линий БАЛ емкостью 1024×256 и 16 четырехзвенных блоков соединительных линий БСЛ емкостью 256×256. Четырехзвенные блоки создаются из двухзвенных. В БАЛ используются 16 двухзвенных блоков емкостью 64×16, обеспечивающих концентрацию 4 : 1, и четыре двухзвенных блока смешивания емкостью 64×64 без концентрации и расширения. Двухкаскадные блоки с концентрацией состоят из четырех соединителей емкостью 16×8, образующих первое звено, и четырех соединителей емкостью 8×4, образующих второе звено. В двухзвенных блоках смешивания на обоих звеньях используется по восемь одинаковых матриц емкостью 8×8.

Блок соединительных линий строится только из двухзвенных блоков смешивания. Соединители в блоке и блоки между собой соединяются промежуточными линиями ПЛ [144].

В рассмотренном коммутационном поле при различной нагрузке на абонентские линии используются блоки АВ с различной концентрацией. В некоторых АТСКЭ при увеличении емкости станции наращивают звено А, тем самым повышая концентрацию.

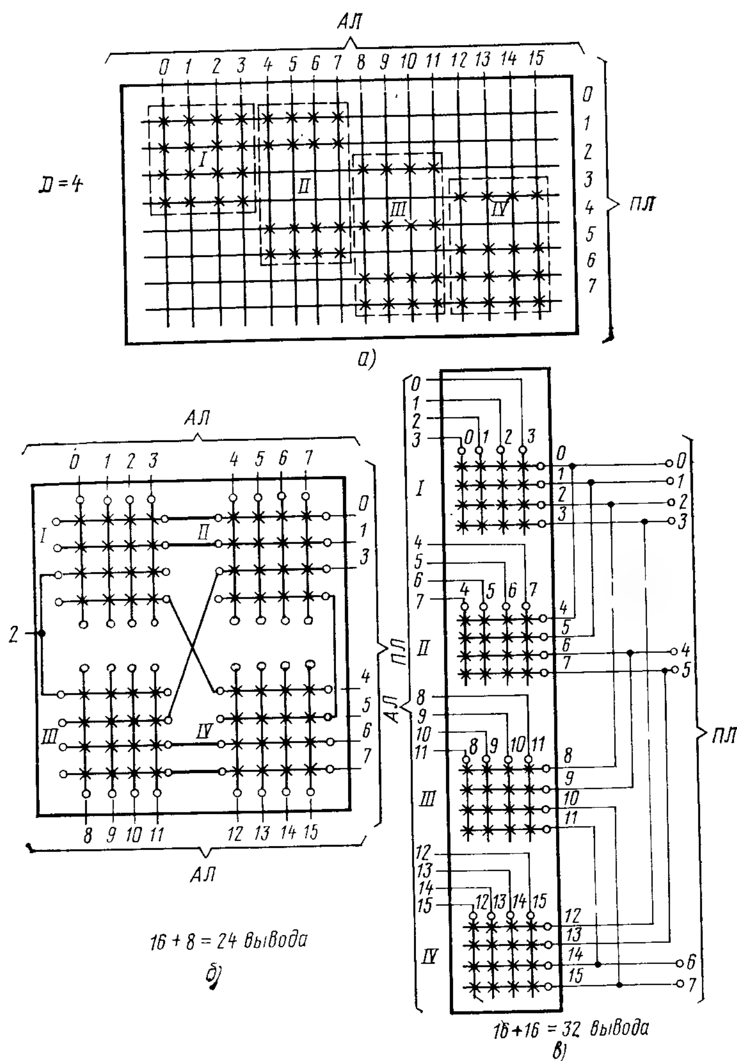


Рис. 2.10. Способы транспонированного включения абонентских линий в матрице звена А:

а) принцип включения линий в матрицу; *б*) транспонирование внутри матрицы; *в*) транспонирование вне матрицы

Для обеспечения доступа включаемых в коммутационное поле линий к нескольким промежуточным линиям используются различные способы включения. При достаточно большой нагрузке на линию или смешанном включении абонентских и соединительных линий в одни и те же коммутационные матрицы звена А применяют полнодоступное включение. При включении в коммутационные матрицы звена А только абонентских линий и малой нагрузке на линию они могут включаться транспортированно. Транспортирование может быть сделано заранее в печатном монтаже матрицы или вне ее путем кроссировок за пределами печатной платы.

Выбор промежуточной линии осуществляется управляющим устройством в любой очередности, поэтому порядок подключения абонентской линии к промежуточной линии в матрице не имеет значения. На рис. 2.10 показана коммутационная матрица, в которую включено 16 абонентских и восемь промежуточных линий. Каждая АЛ имеет доступ к четырем ПЛ ($D=4$). При транспонировании внутри матрицы требуется обеспечить кроме подвода электропитания и проводов управления вывод 24 проводов. При транспонировании вне матрицы необходимо обеспечить вывод 32 проводов. Исследования [24] показали, что обе матрицы имеют одинаковую пропускную способность, но во втором случае дополнительно в каждой матрице требуется восемь контактов в разъемах и значительное число паек на стативах. Транспонирование дает малый эффект.

В квазиэлектронных АТС вместо транспонирования более эффективны измерение нагрузки от АЛ, включенных в матрицы звена А, и равномерное распределение по матрицам звена А линий с различной нагрузкой.

При большом числе СЛ (комплектов), включаемых в выходы БСЛ, они равномерно включаются во все матрицы и блоки, при этом линия (комплект) включается в одну горизонталь или вертикаль. При малом числе СЛ (комплектов) возможно параллельное их включение в несколько матриц.

2.3. Коммутационные поля электронных АТС с пространственным разделением каналов

Коммутационные поля электронных АТС с пространственным разделением каналов принципиально могут быть построены на любых полупроводниковых и электронных приборах. В начале разработки АТСЭ в некоторых экспериментальных станциях коммутационные поля строились на электронных лампах или газоразрядных приборах с холодным катодом. В настоящее время основными приборами для построения электронных коммутационных матриц являются четырехслойные полупроводниковые приборы: динисторы и тиристоры, а также МОП-структуры.

Принцип построения электронной коммутационной матрицы на газоразрядных приборах и транзисторах показан на рис. 2.11. Для

простоты изображены только одна горизонталь и одна вертикаль, в каждую из которых включен трансформатор Тр. Через трансформатор обеспечиваются ввод и вывод коммутируемых сигналов.

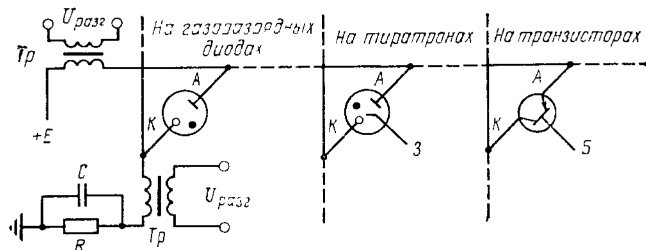


Рис. 2.11. Построение электронных коммутационных матриц:

А — анод; Б — база; З — зажигающий электрод; К — катод

Сигналы управления подаются на зажигающий электрод тиратрона или базу транзистора от отдельных устройств.

Коммутационные матрицы на четырехслойных приборах строятся аналогичным образом. Для соединения входа X_1 с выходом $У_1$ (рис. 2.12, *а*) необходимо, чтобы сработал электронный кон-

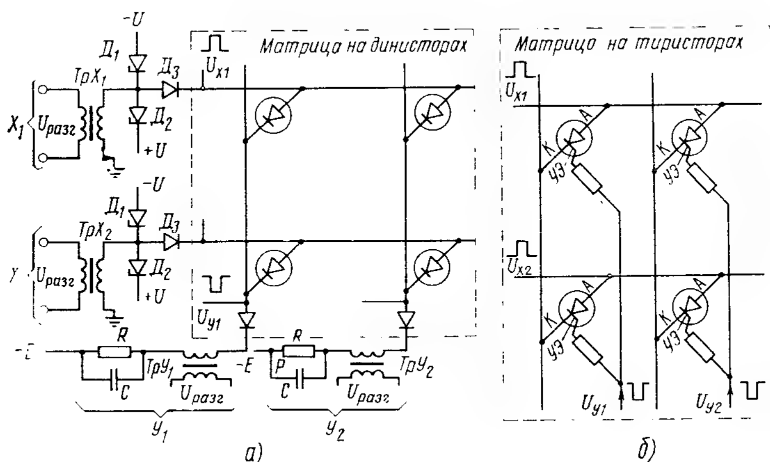


Рис. 2.12. Электронные коммутационные матрицы на четырехслойных полупроводниковых приборах:

а) на динисторах; *б*) на тиристорах

такт, находящийся на пересечении первой горизонтали и первой вертикали. Для этого на первую горизонталь подается импульс напряжения U_{x1}, а на первую вертикаль — импульс напряжения U_{y1}, совпадающие по фазе. Суммарная амплитуда напряжения обоих импульсов должна быть выше напряжения срабатывания полупроводникового диода типа $p—n—p—n$ (каждый импульс в

отдельности не обеспечивает его срабатывания). В матрице с полупроводниковыми тиристорами (рис. 2.12, *б*) прибор срабатывает при совпадении подаваемых на аноды А и управляющие электроды УЭ этих тиристоров импульсов: U_x — на горизонталь и U_y — на вертикаль.

Четырехслойные полупроводниковые приборы, так же как и газоразрядные приборы с холодным катодом, имеют два устойчивых состояния, что позволяет упростить и более экономично построить устройства управления. В многозвеньевых схемах при соединении входов и выходов коммутационных матриц трансформаторы не используются.

Как можно видеть из рис. 2.11 и 2.12, в электронных коммутационных матрицах, в отличие от ранее рассмотренных матриц с металлическими магнитоуправляемыми контактами, как правило, коммутируется только один провод. Кроме того, в полупроводниковых коммутационных матрицах нет гальванической развязки между цепями тракта передачи и цепями управления, что ухудшает качество тракта передачи.

Чтобы развязать цепи передачи от цепей управления, разработаны специальные приборы — оптроны, которые в принципе состоят из двух приборов: фототиристора (или фотодиода) и светодиода. При прохождении тока управления через светодиод он излучает свет, воздействующий на фототиристор. Фототиристор замыкает цепь передачи (рис. 2.13).

Рис. 2.13. Коммутационная матрица на оптронах

Приборы с тиратронной характеристикой, в частности полупроводниковые динисторы и тиристоры, наряду с удовлетворительными для тракта передачи характеристиками привлекательны для использования в коммутационных полях АТС также тем, что упрощают построение устройства управления.

В качестве примера управления приборами КП рассмотрим процесс поиска свободного пути и установления соединения в свернутом шестизвенном коммутационном поле [113]. Ввиду сим-

метричности КП можно рассматривать только одну его половину. Коммутационное поле состоит из коммутационных матриц, построенных на четырехслойных полупроводниковых диодах. Матрицы первого и второго звеньев (рис. 2.14, *а* и *б*) объединяются в

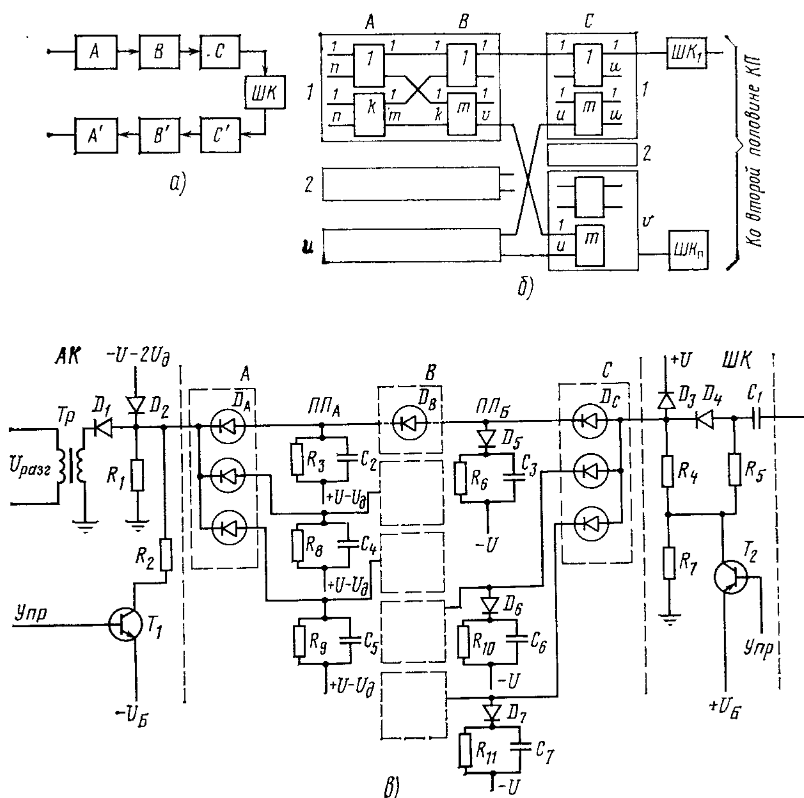


Рис. 2.14. Выбор пути и установление соединения в коммутационном поле по принципу маркирования оконечных точек:

а) структурная схема КП; *б*) схема группообразования; *в*) принципиальная схема поиска пути ($U = U_з/2$; $U_з$ — напряжение зажигания; $U_д$ — дополнительное напряжение)

двухзвенные блоки. Матрицы третьего звена обеспечивают смешивание нагрузки. Между матрицами третьего и четвертого звеньев включены шнуровые комплекты. Для установления соединения от одного входа до выбранного ШК имеется только один путь.

Для поиска пути и установления соединения маркируются вход матрицы А и вход ШК, а также выход другой матрицы А и выход ШК. Маркировка заключается в том, что через соответствующие ключи в схему подается напряжение, вызывающее включение (зажигание) первых диодов, включение этих диодов вызывает зажигание последующих диодов, пока не образуется сквозной путь от входа до ШК и от ШК до выхода. Так как име-

ется только один такой путь, то в матрицах промежуточных звеньев В и С сработает только одна точка коммутации.

Принцип установления соединения заключается в следующем (рис. 2.14, *в*). На все промежуточные линии подаются, как указано на рисунке, напряжения $U—U_д$ и $—U$. Для поиска пути и установления соединения на базу транзистора $Т_1$ подается напряжение, транзистор открывается и изменяет напряжение, подаваемое на диоды $Д_А$. Один из диодов $Д_А$, имеющий меньшее напряжение зажигания, включается. В результате изменяется напряжение, подаваемое на $ПЛ_А$. Затем подается напряжение на базу транзистора $Т_2$, аналогичным образом включается один из диодов в звене С и изменяется напряжение, подаваемое на $ПЛ_Б$. В результате изменяется напряжение, прикладываемое к диоду $Д_В$ в матрице звена В. Диод включается и устанавливается соединение между АЛ и ШК.

При рассмотренном принципе установления соединения требуются приборы с малыми разбросами параметров и точные временны́е интервалы подачи управляющих напряжений.

2.4. Коммутационные поля электронных АТС, построенные на основе АИМ

В КП, построенных на основе АИМ, для обслуживания группы источников нагрузки предусматривается один или несколько общих трактов передачи ОТП, в которых образуются импульсные каналы [36]. Импульсные каналы либо закрепляются за источниками нагрузки (абонентскими или соединительными линиями), либо предоставляются источникам нагрузки только на время соединения. Число каналов, образуемых в ОТП, зависит от способа их использования. Анализ известных АТСЭ позволяет считать, что для станций с закреплением импульсного канала за каждой абонентской линией число каналов в ОТП не превышает 30, а для станций, в которых импульсные каналы предоставляются источникам нагрузки на время соединения, их число не превышает 100. Поэтому в АТСЭ, как правило, всегда будет несколько групп источников нагрузки с относящимся к ним ОТП.

По способу коммутации импульсных каналов различают электронные станции, в которых соединение импульсных каналов осуществляется с переходом на низкую частоту, и станции, в которых происходит непосредственная коммутация импульсных каналов.

При соединении импульсных каналов с переходом на низкую частоту используются комплекты, содержащие ФНЧ. Эти комплекты называют комплектами тональной частоты КТЧ. К ОТП через электронные контакты (ЭК) подключается несколько КТЧ (рис. 2.15). Аналогично КТЧ включаются шнуровые и другие станционные комплекты. Для установления соединения между абонентскими линиями двух различных групп (Гр.1 и Гр.2) в двух ОТП могут использоваться различные временны́е каналы. Из-за пере-

хода на низкую частоту ухудшаются параметры тракта передачи, так как вводятся дополнительные демодуляция и модуляция. Соединение устанавливается, например, в первой группе через $ЭК_{11}$ и $ЭК_{К1}$, а во второй — через $ЭК_{21}$ и $ЭК_{К2}$. К $ЭК_{11}$ и $ЭК_{К1}$ подаются одинаковые импульсные последовательности $ИП_1$, т. е. в

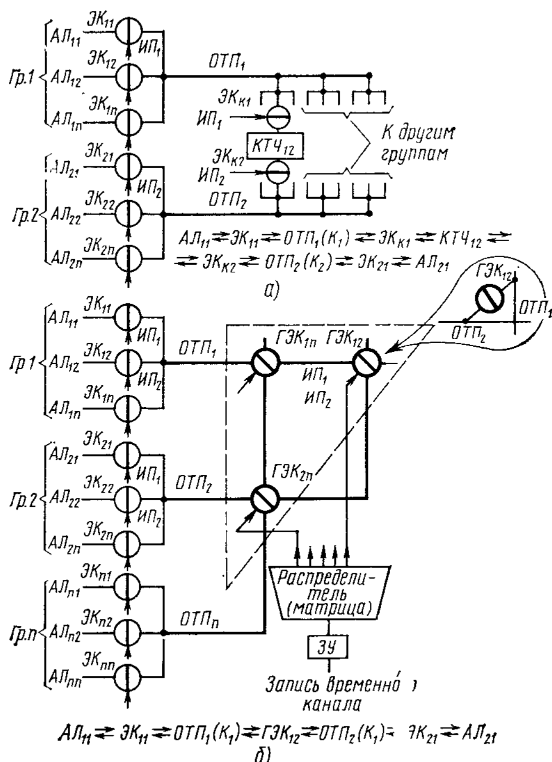


Рис. 2.15. Принцип установления соединений в АТСЭ:

а) КП со звеньями тональной частоты; *б*) КП с непосредственной коммутацией импульсных каналов

$ОТП_1$ выбирается первый канал ($К_1$), а к $ЭК_{21}$ и $ЭК_{К2}$ — любые другие, но тоже одинаковые последовательности, например $ИП_2$, т. е. в $ОТП_2$ выбирается второй канал ($К_2$).

При непосредственной коммутации общие тракты передачи соединяются непосредственно друг с другом (рис. 2.15,*б*). В этом случае для установления соединения между каналами разных групп требуется совпадение временны́х положений этих каналов. Так как между любыми двумя ОТП может быть установлено несколько соединений (максимальное число соединений равно числу каналов в ОТП), то ЭК, коммутирующий ОТП, должен работать с частотой, в *n* раз большей, чем ЭК, коммутирующий один канал

или подключающий его к КТЧ. Назовем такой ЭК групповым (ГЭК). Для управления к ГЭК одновременно может быть подано несколько последовательностей импульсов. В рассматриваемой схеме при установлении соединения между абонентскими линиями первой группы Гр.1 и второй группы, например Гр.2, к $ЭК_{11}$ и $ЭК_{21}$, а также к $ГЭК_2$ обязательно должны быть поданы одинаковые последовательности импульсов, например $ИП_1$. В $ОТП_1$ и $ОТП_2$ выбираются одинаковые временны́е каналы, в данном случае первые. При установлении в указанных группах (Гр.1 и Гр.2) второго соединения к тому же $ГЭК_2$ подается еще одна последовательность, например $ИП_2$.

Как и в коммутационных полях других рассмотренных станций, ЭК и ГЭК собираются в прямоугольные или треугольные (см. рис. 2.15) коммутационные матрицы. Управление матрицами осуществляется от управляющих запоминающих устройств. Для управления к каждому ЭК должна подаваться определенная последовательность импульсов. Если временны́е каналы закреплены за линиями, то эти импульсные последовательности подводятся непосредственно к ЭК через клапан, работой которого управляют устройства управления. Если же временны́е каналы не закреплены, то к любому ЭК должна обеспечиваться подача любой импульсной последовательности. Для создания такой возможности необходимо более сложное устройство.

Обычно для этих целей используются устройства (рис. 2.16), состоящие из схем совпадения СС. Последние могут быть по-

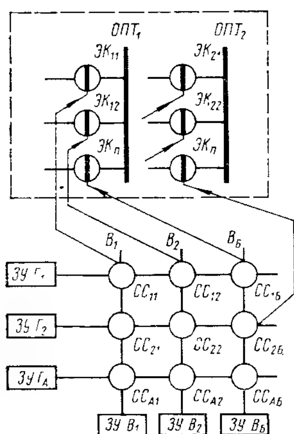


Рис. 2.16. Принцип управления электронными контактами

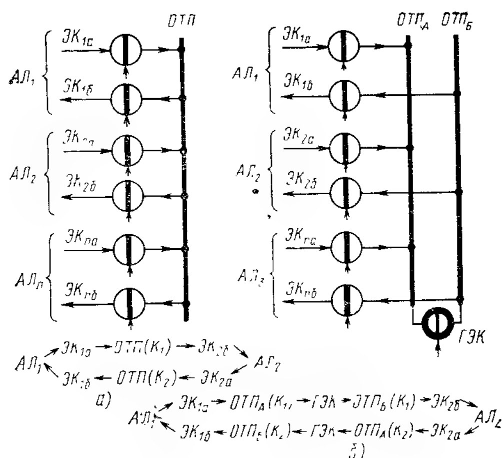


Рис. 2.17. Принцип группообразования в АТСЭ малой емкости с коммутацией ОТП: *а*) с одной ОТП; *б*) с двумя ОТП

строены на различных приборах. Схемы совпадения располагаются в устройстве таким образом, что образуют А горизонталей и Б вертикалей, причем произведение АБ обычно равно числу

обслуживаемых ЭК. Схема совпадения имеет два входа и один выход. Выход каждой СС связан с одним определенным ЭК. Одна часть входов схем совпадения запараллеливается по горизонталям, а другая — по вертикалям. К каждой горизонтали и вертикали подключается запоминающее устройство ЗУ. Для подачи определенной последовательности импульсов к ЭК, например к $ЭК_{11}$, в ЗУ $Г_1$ и ЗУ $В_1$ вводится требуемая последовательность импульсов, которая затем начинает циркулировать в этих запоминающих устройствах. Импульсы от ЗУ $Г_1$ и ЗУ $В_1$ поступают на схему совпадения $С_{11}$ и проходят к $ЭК_{11}$.

Обычно управляющие ЗУ строятся таким образом, что в них одновременно возможна циркуляция импульсных последовательностей всех временны́х каналов, имеющихся в ОТП (n каналов). В некоторых случаях используются различные матричные схемы для управления ЭК линий вызывающих и вызываемых абонентов. Аналогичным образом строятся и устройства управления групповыми электронными контактами (см. рис. 2.15, *б*).

Многозвеньевые схемы группообразования при использовании КТЧ сложны и дороги, приводят к ухудшению параметров тракта передачи, поэтому их применение нецелесообразно.

В электронных АТС малой емкости, в которых имеются только одна группа линий, один ОТП и используется двухпроводный тракт передачи, соединение между двумя абонентскими линиями устанавливается по одному импульсному каналу, при этом одноименные импульсные последовательности подаются к ЭК обоих абонентских комплектов. При четырехпроводном тракте передачи используется один (рис. 2.17, *а*) или два ОТП (рис. 2.17, *б*). В последнем случае ОТП целесообразно коммутировать через ГЭК. Такие схемы группообразования применяют в АТС емкостью до 1000 номеров.

В станциях, имеющих несколько групп абонентских и соединительных линий, коммутация ОТП всегда осуществляется с помощью ГЭК. К последним подаются любые импульсные последовательности, соответствующие временны́м каналам ОТП. Поэтому ГЭК работает со значительно меньшей скважностью и, следовательно, должен быть рассчитан на рассеивание значительно большей мощности, чем обычные ЭК. Так как каждый канал в ОТП имеет высокий коэффициент использования, то целесообразно применять наиболее простые (см. рис. 2.15, *б*) или двухзвенные (рис. 2.18) схемы группообразования.

Общий тракт передачи, содержащий 100 временны́х каналов, при потерях 0,01 пропускает нагрузку до 76 Эрл, поэтому он может обслужить группу до 800 абонентских линий. Практически создание такого ОТП затруднено из-за несовершенства полупроводниковых коммутационных приборов. Обычно большую группу линий делят на несколько подгрупп (см. рис. 2.18). Подгруппы связываются друг с другом через промежуточные ОТП. При наличии нескольких ОТП для установления соединения между двумя абонентскими линиями различных подгрупп или групп необ-

ходимо, чтобы в ОТП этих подгрупп и групп были выбраны одноименные каналы. Выбор каналов осуществляется в случайном порядке последовательно в различных ОТП или в обусловленном

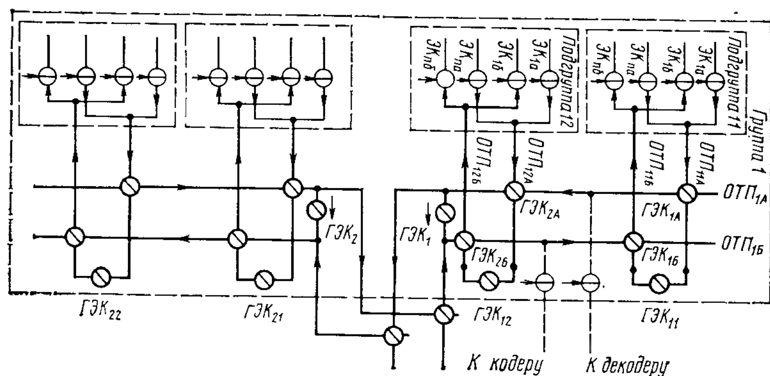
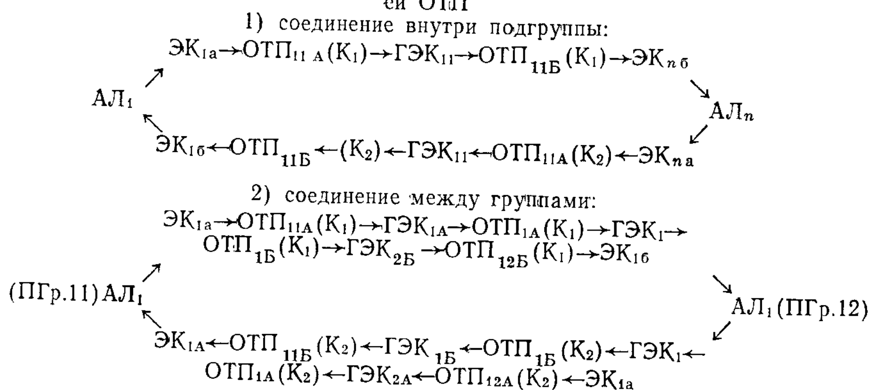


Рис. 2.18. Принцип группообразования в АТСЭ большой емкости с коммутацией ОТП



порядке одновременно во всех требуемых ОТП. В первом случае поиск прост, но ведет к большим потерям, во втором — потери уменьшаются, но способ искания усложняется. Так как импульсы временны́х каналов в ОТП имеют разные амплитуды, то их нельзя хранить в ЗУ и осуществлять сдвиг, как это делается в цифровых АТС.

В заключение следует отметить, что АТС, коммутационные поля которых построены на основе АИМ, по ряду ранее указанных причин не получили распространения. В настоящее время коммутационные системы с АИМ используются только в подстанциях цифровых АТС и АТСЭ малой емкости. Это связано в первую очередь с высокой стоимостью индивидуальных аналого-цифровых преобразователей и дифференциальных систем. Показанная на рис. 2.18 группа может быть использована в качестве четырехпроводного КП на подстанции. Пунктиром показано, каким образом данная группа подключается к кодеру и декодеру.

2.5. Коммутационные поля цифровых АТС

2.5.1. Принципы цифровой коммутации

При передаче речевых сигналов в цифровой форме, где фактически важно только определение наличия или отсутствия сигнала, возможны как коммутация каналов, так и коммутация сообщений.

При коммутации двух цифровых каналов соединение осуществляется через электронное устройство, называемое ключом, вентилем или электронным контактом, и цифровые сигналы передаются из одного канала в другой; момент поступления сигнала из входящего канала равен моменту его передачи в исходящий канал (рис. 2.19, *а*). Электронный контакт может быть открыт либо

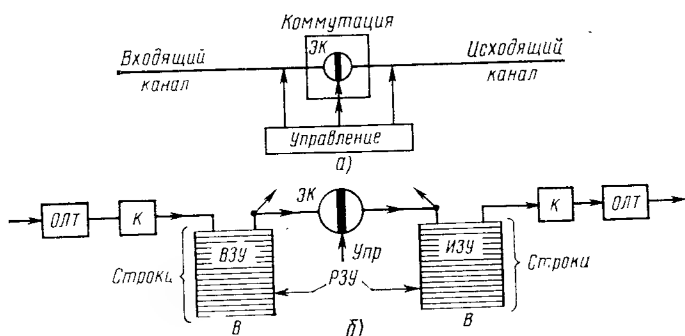


Рис. 2.19. Принцип цифровой коммутации:
а) пространственной; *б*) временно́й

постоянно на все время соединения, либо только на определенные промежутки времени, чтобы пропустить цифровые сигналы. Такой способ коммутации в дальнейшем будем называть пространственным и сокращенно обозначать буквой П. Так как важна передача только импульса, то «контакт» может представлять собой в действительности контакт, например геркон, замкнутый на время соединения, или триггерную схему, включаемую управляющим устройством и работающую под управлением импульсов передаваемой информации.

В связи с тем, что при телефонной связи коммутация информации должна осуществляться с малыми задержками (микросекунды), то даже для коммутации цифровой телефонной информации коммутация сообщений в чистом виде не используется. Принимаемые сигналы записываются в речевые запоминающие устройства РЗУ, закрепленные за входящими трактами, а затем считываются из них или непосредственно в исходящий канал, или в другое РЗУ, закрепленное за исходящим трактом (рис. 2.19, *б*). Иные носители информации (ленты, диски, карты) в данном случае не используются. Обычно время хранения информации в РЗУ не

превышает длительности двух циклов (125 мкс×2). Такой способ коммутации в дальнейшем будем называть временным и сокращенно обозначать буквой В.

Коммутационные поля цифровых АТС могут строиться с применением либо одного вида коммутации (П или В), либо их сочетания, при этом как в первом, так и во втором случаях возможно использование нескольких звеньев одинаковых или различных видов коммутации. Одинаковые звенья коммутации в сокращенном виде обозначаются: временные (В) или $В^к$, пространственные (П) или $П^к$, где «к» указывает число звеньев. Известны цифровые АТС со следующими сочетаниями видов коммутации в коммутационных полях: ПП, ПВП, ППВПП, В, ВВ, ВП, ВПВ, ВППВ, ВППППВ, ВПВПВ либо $П^2$, ПВП, $П^2ВП^2$, В, ВП, $В^2$, ВП, ВПВ, $ВП^2В$, $ВП^4$, ВПВПВ.

Импульсы двух цифровых соединяемых в КП каналов должны следовать в тракте передачи со строго определенными интервалами. При пространственной коммутации могут взаимно соединяться только одноименные каналы, т. е. если во входящем тракте взят, например, канал i, то в тракте требуемого для установления соединения направления также должен быть занят канал i, а не $(i-n)$ или $(i+n)$, где $n=1, 2, 3$ (рис. 2.20, *а*). Поскольку

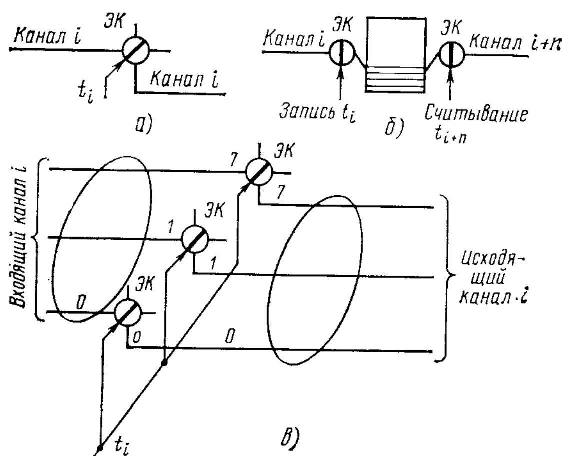


Рис. 2.20. Способы цифровой коммутации:
а) последовательный без сдвига импульсов;
б) последовательный со сдвигом импульсов;
в) параллельный

в большинстве случаев занятие исходящего канала на АТС, в которую включена линия абонента А, производится независимо от работы других участвующих в соединении АТС, то выполнение указанного требования приводит к большим потерям. Возможность задержки передаваемой цифровой информации позволяет сдвинуть, в принципе задержать, сигналы входящего канала и

перевести их из временно́го положения (канала) i в положение $i+n$. Для сдвига при пространственной коммутации используются специальные устройства — сдвигатели импульсов, которые по существу являются линиями задержки.

При временно́й коммутации сдвиг каналов может быть осуществлен в РЗУ без использования сдвигателя импульсов. В данном случае входящий канал i записывается в ячейку РЗУ во временно́м положении i, а считывается во временно́м положении $i+n$ (рис. 2.20, *б*). Это является важным свойством временно́й коммутации.

В линиях по экономическим соображениям передача цифровых сигналов всегда, за весьма редким исключением, осуществляется последовательно. На АТС коммутация может производиться как последовательно, так и параллельно. При последовательной коммутации импульсы каждого кодового слова проходят через коммутирующее устройство последовательно друг за другом, а при параллельной коммутации все импульсы кодового слова передаются через коммутирующее устройство параллельно (одновременно). Следовательно, во временны́х коммутаторах требуется одновременное считывание кодового слова (8 бит), а в пространственном — одновременная коммутация 8 бит, передаваемых по восьми проводам (рис. 2.20, *в*). Иногда используется комбинированный способ передачи, при котором часть импульсов кодового слова передается последовательно, а часть — параллельно.

На цифровой АТС при коммутации передаются и коммутируются однополярные импульсы (импульсы постоянного тока), в то время как в линии с целью уменьшения постоянной составляющей передаются разнополярные импульсы. Преобразование импульсов происходит в оконечных линейных трансляторах (см. гл. 1, рис. 1.41).

К цифровым АТС помимо цифровых линий могут подходить и аналоговые (физические или с частотным разделением каналов — ЧРК). Для коммутации аналоговые сигналы этих линий должны быть преобразованы в цифровые. На физических линиях такое преобразование осуществляется кодеками. На линиях с ЧРК, чтобы избежать перехода на низкую частоту, требующего дополнительного оборудования и ухудшающего качество передачи, применяют непосредственное преобразование высокочастотных сигналов в сигналы ИКМ с использованием устройств, называемых трансмультиплексорами ТМ. Во всех трех указанных случаях (цифровые, физические и ЧРК линии) стремятся, чтобы к коммутационному полю подходили одинаковые цифровые потоки (например, 30/32 или 128 цифровых каналов), которые в случае необходимости при вводе во временны́е коммутаторы могут объединяться в более мощные потоки (512, 1024 или 4096 каналов).

Цифровые сигналы, поступающие на цифровую АТС с линий, должны быть синхронизированы. Такую синхронизацию выполняют буферные ЗУ, которые служат интерфейсом между линиями и КП. В этих же буферных ЗУ последовательно поступающие из

линий импульсы накапливаются для последующей параллельной передачи в КП [46].

Объединение цифровых потоков осуществляется в мультиплексорах М, с помощью которых можно при необходимости перейти от последовательной передачи импульсов кодовых слов к параллельной. Обратные преобразования проводятся в демультиплексорах. Мультиплексоры и демультиплексоры (в общем случае мульдексы) содержат буферные ЗУ. Хотя по существу мульдексы не являются коммутационными устройствами, но они также могут входить в состав ступени временно́й коммутации.

Таким образом, в КП цифровой АТС можно выделить следующие основные элементы, на сочетании которых оно строится: мультиплексоры (демультиплексоры), временны́е и пространственные цифровые соединители.

Наряду с рассмотренными пространственным и временны́м способами коммутации для передачи цифровых сигналов используется адресно-кодовая коммутация. При этом виде коммутации каждое значение амплитуды, закодированное с помощью ИКМ, снабжается адресом, указывающим, какому временно́му каналу принадлежит данная информация. Затем снабженная адресом информация записывается в запоминающее устройство и в требуемое время считывается и передается в указанный в адресе временно́й канал. При адресно-кодовой коммутации для передачи каждого значения амплитуды требуется бо́льшее число импульсов (адрес+код), чем при ИКМ. Адресно-кодовую коммутацию более правильно рассматривать не как коммутацию каналов, имеющую место при других рассмотренных видах модуляции, а как коммутацию сообщений, используемую, например, при передаче данных. Подробно адресно-кодовая коммутация описана в [67].

Следует отметить, что цифровые сигналы могут быть скоммутированы и в аналоговых АТС. Коммутация осуществляется следующим способом. Для транзитных соединений оконечное оборудование ИКМ на транзитной АТС не устанавливается (см. рис. 1.41). Вместо него предусматривается специальное оборудование, обеспечивающее выделение из общего тракта ИКМ в каждом цикле отдельных временны́х каналов и разнесение их в пространстве (см. рис. 2.21). В результате таких действий общая временна́я последовательность импульсов линейного тракта оказывается разделенной на отдельные разнесенные в пространстве кодовые слова (временны́е каналы). Затем биты каждого кодового слова в каждом цикле повторяются (размножаются) и заполняют весь цикл. При наступлении очередного цикла снова выделяются кодовые слова, снова размножаются и заполняют цикл и т. д.

В указанном оборудовании число выходов и входов равно числу временны́х каналов в аппаратуре ИКМ. Выходы подключаются к входам КП, а входы — к выходам КП (рис. 2.21). Цифровой сигнал на вход оборудования ИКМ поступает через ЭК, который открывается только во временно́м интервале, соответствующем номеру входа. Размножение кодовых слов позволяет соединять лю-

бые временные каналы, не заботясь об их временном соответствии. Кроме того, такое решение дает возможность коммутировать каналы ИКМ через герконовые или электронные контакты КП без перехода на низкую частоту.

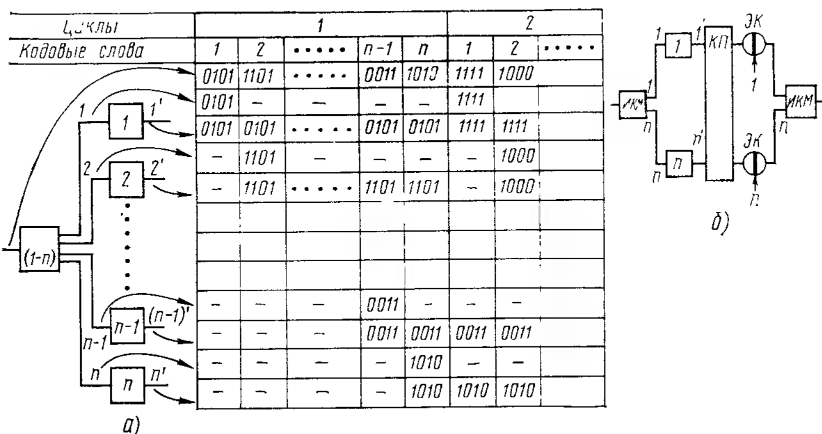


Рис. 2.21. Коммутация цифровых сигналов в КП с пространственным разделением каналов:
а) распределение временны́х каналов в пространстве; *б*) структурная схема включения временны́х каналов в КП

При коммутации цифровых сигналов на транзитных станциях отпадает необходимость в аппаратуре передачи (ненужное оборудование передачи на рис. 1.41 заштриховано).

2.5.2. Мультиплексоры

В зависимости от того, какие линии должны быть включены (рис. 2.22), используются следующие мультиплексоры:

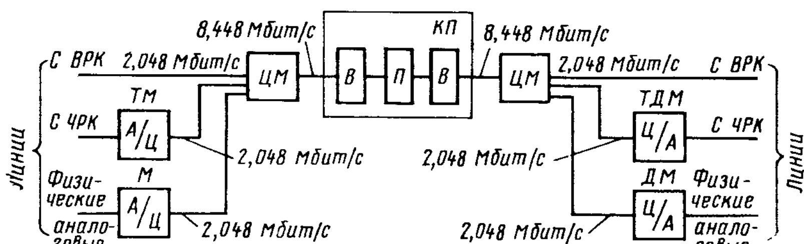


Рис. 2.22. Преобразование сигналов для цифровой коммутации

1) пространственные М, обеспечивающие преобразование аналоговых сигналов в цифровые и их объединение в цифровой поток, принятый для коммутации на данной АТС;

2) пространственные (трансмультиплексоры — ТМ), обеспечивающие преобразование сигналов систем передачи с ЧРК в цифровые сигналы и формирование требуемого цифрового потока;

3) цифровые ЦМ, осуществляющие объединение цифровых потоков более низких порядков, входящих на АТС, в цифровой поток более высокого порядка, принятый для коммутации на АТС.

Пространственные мультиплексоры М по существу являются оконечными устройствами аппаратуры передачи с ВРК, содержащими устройства аналого-цифрового преобразования. Они синхронизируются станционными генераторами и не требуют выравнивания синхронизации. Кроме того, на их выходе может быть получен цифровой поток в параллельном виде. Эти мультиплексоры строятся аналогично аппаратуре цифровых систем передачи с групповыми или индивидуальными кодеками.

В ТМ аналоговые высокочастотные сигналы преобразуются непосредственно без перехода к тональным частотам. Иногда перед непосредственным преобразованием осуществляется перенос спектра в более низкую часть частотного диапазона, что уменьшает влияние скорости дискретизации на качество передачи и уменьшает скорость цифрового потока на выходе. В некоторых случаях используют стандартную аппаратуру ЧРК и переходят на низкую частоту, а затем используют мультиплексор М.

Цифровые мультиплексоры ЦМ позволяют принять цифровые сигналы из ЦСП более низкого порядка, записать их, а затем сформировать цифровой поток более высокого порядка. Входящие цифровые потоки синхронизируются и имеют одинаковые скорости. Информация из этих потоков записывается или в индивидуальные ЗУ, или в общее ЗУ, в котором для каждого потока выделен свой массив. Считывание производится со скоростью, в K раз большей, чем запись (K — число входящих потоков).

Считывание осуществляется таким образом, что одноименные каналы всех входящих ЦСП сосредоточиваются (записываются) рядом и располагаются последовательно. В цикл (125 мкс) ОТП могут быть введены дополнительные временные положения для сигнализации или других целей.

Цифровые мультиплексоры в зависимости от преобразуемых цифровых потоков делятся на ЦМ первого, второго и других высших порядков. Строятся все они однотипно.

2.5.3. Временна́я цифровая коммутация

Простейшим устройством, используемым для временно́й цифровой коммутации, является запоминающее устройство. Импульсы кодовых слов из входящих цифровых потоков записываются последовательно в ячейки ЗУ (рис. 2.23,*а*). Импульсы каждого кодового слова во входящем цифровом потоке имеют в ЗУ определенную ячейку. В требуемые моменты времени эти слова считываются и передаются в исходящий цифровой канал. Кодовые слова из входящих цифровых каналов записываются в ячейки в строгом порядке их поступления, а считывание осуществляется в любом временно́м положении. Поэтому запись может быть циклической и производиться через распределитель сигналов РС под уп-

равлением последовательного счетчика ПС, а считывание осуществляться с произвольным доступом под управлением управляющего запоминающего устройства УЗУ. Если к ЗУ подключено одинаковое число — входящих и исходящих цифровых каналов и внутри ЗУ нет блокировок, то такой временной соединитель рабо-

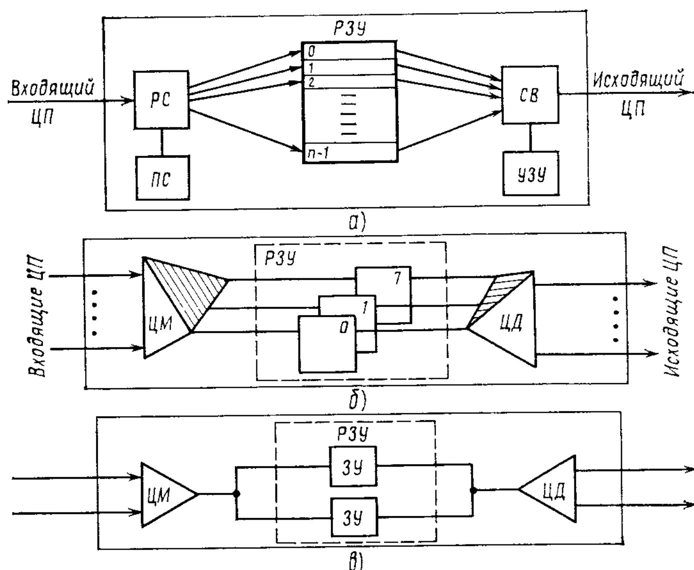


Рис. 2.23. Построение блока цифровой временно́й коммутации:
а) временно́й соединитель с последовательной передачей информации; *б*) временно́й соединитель с параллельной передачей информации; *в*) временно́й соединитель с разделением РЗУ на части

тает без блокировок. В соединителе осуществляется изменение (сдвиг) временны́х положений.

Для записи в РЗУ каждому временно́му каналу всегда отводится определенное число бит независимо от числа включаемых каналов, что является важным преимуществом временно́й коммутации. Так, при коммутации каналов с ИКМ на каждый канал требуется 8 бит. Могут быть добавлены биты для проверки на четность. Для использования указанного преимущества стремятся включать в РЗУ максимальное число каналов, т. е. увеличить скорость поступающего цифрового потока. Но это приводит к увеличению скорости работы (записи и считывания) ЗУ. Для снижения скорости работы ЗУ прием и передачу информации производят параллельно. Обе указанные операции, т. е. создание более скоростного цифрового потока и переход на параллельную передачу, осуществляют с помощью включаемых перед ЗУ цифровых мультиплексоров ЦМ. Обратные преобразования производятся в цифровых демультиплексорах ЦД. Таким образом, ступень цифро-

вой коммутации может представлять собой сочетания ЦМ, ЗУ и ЦД (рис. 2.23,*б*).

Максимальное число каналов, коммутируемых с помощью рассмотренного временно́го блока, зависит от скорости работы ЗУ с произвольным доступом, а в конечном итоге от возможностей используемой элементной базы. К настоящему времени построены временны́е соединители, обеспечивающие коммутацию 500—1000 каналов.

Для дальнейшего увеличения емкости временно́го соединителя его РЗУ разделяют на части (рис. 2.23,*в*). Запись может осуществляться параллельно во все части РЗУ соединителя, а считывание — отдельно с каждого ЗУ. Это уменьшает среднее время цикла обращения к ЗУ. Таким способом построен блок временно́й коммутации, обеспечивающий коммутацию 4096×4096 каналов [97].

В начале развития цифровых АТС, когда ЗУ были дороги, для изменения временны́х положений импульсов кодовых слов, т. е. коммутации разноименных каналов, использовались специальные устройства, называемые сдвигателями импульсов СИ. Сдвигатели импульсов могут быть универсальными, если они обеспечивают перевод временно́го положения импульсов кодового слова в любое другое временно́е положение в ОТП, или фиксированными, если они обеспечивают сдвиг на определенное фиксированное число временны́х положений. Универсальные СИ значительно дороже фиксированных, поэтому в КП устанавливалось несколько фиксированных СИ, которые резко снижали коэффициент блокировки, и один-два универсальных СИ, обеспечивающих выполнение требуемых норм по блокировке. Рассмотрим принципы построения нескольких видов универсальных СИ. Фиксированные СИ могут быть построены как часть универсальных [38].

Сдвиг импульсов в СИ с использованием малых ЗУ осуществляется следующим образом (рис. 2.24). Входящим цифровым каналам приданы запоминающие устройства $ЗУ_1$—$ЗУ_n$. Каналы подключаются к ЗУ через электронные контакты $ЭК_{a1}$—$ЭК_{an}$, которые управляются синхронно с передачей информации во входящем цифровом потоке ЦП. После того как поступившая с линии информация (кодовое слово) записана в ЗУ, включается один из контактов $ЭК_{б1}$—$ЭК_{бn}$. Эти контакты работают под управлением местного синхронизирующего устройства МСУ. Контактами $ЭК_б$ соответствующие $ЗУ_1$—$ЗУ_n$ подключаются к запоминающему устройству исходящей линии ИЗУ. За время замыкания

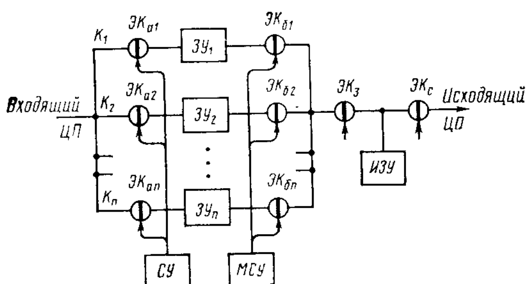


Рис. 2.24. Сдвигатель импульсов, построенный на ЗУ

контакта $ЭК_б$ информация из $ЗУ_1$—$ЗУ_n$ в соответствующем временно́м положении переписывается в ИЗУ, откуда затем передается в исходящую линию в моменты, определяемые синхронизирующими устройствами. Запись в ИЗУ производится через $ЭК_з$, а считывание в исходящий цифровой канал — через $ЭК_с$. Таким образом осуществляется перевод временны́х каналов из одного положения в другое.

2.5.4. Пространственная цифровая коммутация

Для увеличения емкости коммутационного поля вводятся одна или несколько ступеней пространственной коммутации. Пространственные соединители строятся на электронных контактах. Электронный контакт представляет собой логическую схему ЛС, принцип действия которой заключается в следующем (рис. 2.25).

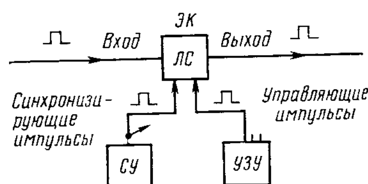


Рис. 2.25. Принцип работы электронного контакта, коммутирующего цифровые каналы

Биты речевой информации поступают на вход ЛС. В управляющее запоминающее устройство УЗУ записывается информация об одном или нескольких номерах временны́х каналов, информация которых должна коммутироваться через данный контакт. Управляющее запоминающее устройство в соответствующих временны́х положениях выдает управляющие импульсы на ЛС. Кроме того, на ЛС поступают синхронизирующие импульсы от станционного синхронизирующего устройства СУ. Поступивший на вход ЛС импульс может пройти на выход только в том случае, если в это же время поступили импульсы управления и синхронизации. В данном случае ЛС выполняет функции ранее рассмотренного электронного контакта. Подобно электронным контактам ЛС могут собираться в коммутационные матрицы — пространственные соединители — и управляться аналогично тому, как указано для ЭК.

При цифровой коммутации через ЭК коммутируются цифровые потоки, содержащие большое число временны́х каналов. Коммутация может осуществляться последовательно или параллельно. При параллельной коммутации в коммутационной матрице в каждой точке коммутации устанавливается столько ЭК, сколько проводов коммутируется (см. рис. 2.20,*в*), а число проводов соответствует числу бит, коммутируемых параллельно.

Для создания цифровых КП большой емкости блоки цифровой пространственной коммутации объединяются в многозвеньевые схемы, которые строятся так же, как многозвеньевые схемы пространственной коммутации аналоговых АТС, но коммутируются линии, уплотненные большим числом цифровых каналов. В цифровых АТС большой емкости пространственное КП может содержать до четырех звеньев. В звеньях пространственной коммутации возможны внутренние блокировки из-за несовпадения временны́х положений коммутируемых каналов.

2.5.5. Коммутационные поля подстанций цифровых АТС

Подстанции, включаемые в цифровые АТС, могут иметь коммутационные поля различного типа: квазиэлектронные, электронные аналоговые с пространственным разделением каналов или с АИМ и цифровые. Возможно включение КП подстанции в КП опорной цифровой АТС через цифровую систему передачи, связывающую подстанцию с АТС, а также через аналоговые физические линии или линии с ЧРК и терминалы (интерфейс), устанавливаемые на АТС при соответствующем согласовании управления подстанции с управлением АТС. Принципы построения первых трех видов КП подстанций были рассмотрены ранее. Данный раздел посвящен вопросу построения цифровых КП подстанций.

Если подстанция имеет цифровое коммутационное поле, то переход от аналоговых сигналов к цифровым осуществляется в АК или абонентском оконечном устройстве (в простейшем случае в телефонном аппарате). В обоих случаях используются индивидуальные кодеки и принцип построения КП одинаковый.

Цифровое КП представлено на рис. 2.26. Цифровые потоки, исходящие от каждого из 30 АК и имеющие скорость передачи,

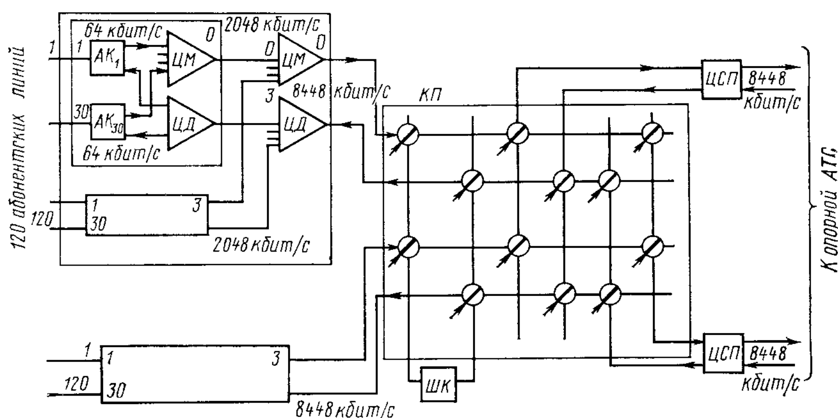


Рис. 2.26. Структурная схема подстанции с цифровыми мультиплексорами и пространственной коммутацией

например, 64 кбит/с, через первичный ЦМ объединяются в первичный цифровой поток, передаваемый со скоростью 2048 кбит/с. Затем четыре первичных цифровых потока через мультиплексоры второго порядка объединяются во вторичный цифровой поток, который через пространственное цифровое КП подводится к линейному оборудованию ЦСП и поступает на АТС.

Все ЦСП доступны всем абонентским линиям. Емкость подстанции может наращиваться блоками по 30 или 120 абонентских линий. Мультиплексоры второго порядка устанавливаются либо после мультиплексоров первого порядка перед пространственным временным КП, либо после него. В подстанциях малой емкости используются только мультиплексоры первого порядка.

Рассмотренный принцип построения коммутационного поля позволяет в широких пределах менять как емкость подстанции, так и число ЦСП, связывающих ее с опорной станцией. Кроме того, коммутационное поле подстанции построено так, что оно не имеет внутренних блокировок и обеспечивает возможность замыкания нагрузки внутри подстанции (через ШК).

В цифровых коммутационных системах могут использоваться подстанции с полностью цифровыми КП (рис. 2.27). Аналоговые

Рис. 2.27. Структурная схема цифровой подстанции с временны́м цифровым коммутационным полем:

В/В — устройства ввода-вывода; УПС — устройство передачи сигналов; ПЗУ — программное запоминающее устройство; МП — микропроцессор; УС — устройство управления сигнализацией; З — запись; С — считывание

АЛ, как и в предыдущем случае, включаются в комплект АК, который помимо обычных функций обеспечивает также аналого-цифровое преобразование и создает параллельный цифровой поток со скоростью 64 кбит/с. Цифровой линейный мультиплексор ЦМ объединяет цифровые потоки от 32 АК в один поток, передаваемый со скоростью 2048 кбит/с. Абонентские комплекты (32 АК) и ЦМ образуют абонентский линейный модуль АЛМ. Несколько таких модулей (максимально 128) включается в цифровой временно́й соединитель ВС, который обеспечивает концентрацию нагрузки. На выходе временно́го соединителя может быть включено до 256 каналов (концентрация 16 : 1), из которых 240 служат в качестве цифровых соединительных линий к АТС, а 16 — для подключения многочастотных приемников набора номера ПНН.

Блок временно́й коммутации БВК состоит из 16 временны́х соединителей, каждый из которых связан с восьмью АЛМ. Времен-

ной соединитель содержит приемное и передающее РЗУ каждое емкостью 256×8 бит. На входе ВС установлен преобразователь П, преобразующий последовательные цифровые потоки, поступающие от ЦМ, в параллельные. В преобразователе для каждого канала предусмотрен восьмибитовый накопитель. На выходе временно́го соединителя установлен коммутатор К, позволяющий подключать любой из 256 исходящих каналов к одному тракту, идущему к АТС или многочастотным приемникам. Подключение осуществляется через оконечный комплект цифровой линии ОКЦЛ.

Управляет подстанцией устройство управления, образующее модуль управления МУ.

2.5.6. Коммутационные поля цифровых АТС

В пространственных коммутационных полях аналоговых АТС при заданном качестве обслуживания всегда стремились уменьшить число дорогих точек коммутации, а следовательно, и число коммутационных приборов, приходящихся на одну включаемую линию. В цифровых АТС, где коммутируются линии с большим числом цифровых каналов, эта проблема стоит не так остро. Во многих случаях КП выполняется неблокирующим или почти неблокирующим и почти всегда дублируется. На начальных этапах развития цифровых АТС (конец 60-х и 70-е годы), когда были дороги и громоздки ЗУ, строившиеся в основном на магнитных сердечниках, в цифровых КП стремились уменьшить число временны́х звеньев и увеличить число пространственных. С разработкой быстродействующих полупроводниковых ЗУ большой емкости на БИС положение изменилось. Появилась возможность создания блоков временно́й коммутации большой емкости (до 4096×4096) и широкого их внедрения. На этих блоках могут быть созданы простые по конфигурации КП большой емкости. В ближайшие годы будут созданы маломощные недорогие быстродействующие ЗУ на БИС и роль временно́й коммутации еще больше увеличится.

Рассмотрим построение коммутационных полей различных структур некоторых цифровых АТС, в частности структур (П), (В), В(П)В и (П)В(П) применительно к транзитным станциям. Любую цифровую опорную АТС можно считать транзитной, коммутирующей только цифровые тракты, так как абонентские линии включаются в эту АТС через подстанции и цифровой тракт, а аналоговые линии — через соответствующий интерфейс (терминал) и также цифровой тракт.

Основными характеристиками коммутационного поля являются его максимальная емкость (число входов — выходов или точек включения), максимальная пропускная способность (в эрлангах), вероятность внутренних блокировок (в промилях) и способность к расширению.

В КП может осуществляться как четырехпроводная, так и двухпроводная коммутация. При четырехпроводной коммутации прямой и обратный каналы одного соединения проходят параллельно и коммутируются одновременно, при двухпроводной эти каналы

коммутируются независимо и проходят в различных частях КП. В случае двусторонней связи и четырехпроводной коммутации требуется такой же объем ЗУ для записи данных об установленном соединении, как при двухпроводной коммутации, и меньший объем управляющих ЗУ и устройств, обеспечивающих доступ к устройствам управления. В случае односторонней связи и четырехпроводной коммутации имеется один недостаток: требуется в 2 раза больший объем ЗУ для записи данных об установленном соединении. Так как в рассматриваемых системах основной является телефонная связь, которая всегда двусторонняя, то все КП строятся четырехпроводными.

Коммутационные поля могут быть разделены на две группы: двусторонние, в которых прямые направления цифровых каналов включаются во входы поля, а обратные — в выходы (рис. 2.28);

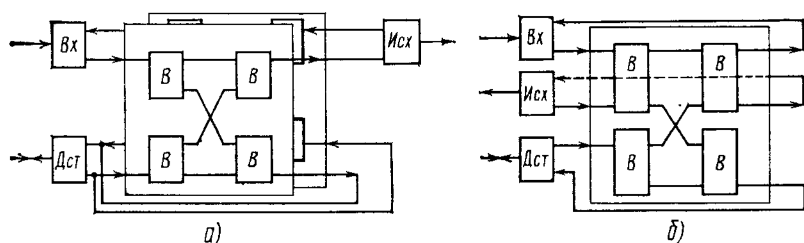


Рис. 2.28. Включение цифровых каналов в коммутационное поле цифровой АТС:
а) двустороннее; *б*) свернутое

свернутые, в которых оба направления каналов включаются с одной стороны поля. В случае включения цифровых каналов одностороннего действия (исходящих или входящих) объем оборудования в обоих типах коммутационного поля одинаков, так как он определяется нагрузкой, но при этом двустороннее КП может иметь в 2 раза меньшую емкость ЗУ и в 2 раза бо́льшую емкость блоков, чем одностороннее КП [106]. При включении каналов двустороннего действия свернутое КП имеет явное преимущество, так как в нем требуется в 2 раза меньше точек включения. В случае использования ОКС число каналов двустороннего действия будет возрастать и, следовательно, свернутые КП являются более перспективными.

Рассматривая коммутационное поле цифровой АТС, всегда нужно иметь в виду, что в устройствах взаимодействия АТС с линиями (комплектах) содержатся ЗУ, о которых неоднократно упоминалось выше. Эти ЗУ в той или иной степени примыкают к КП и выполняют часть его функций. Таким образом, перед и после КП всегда имеются как бы упрощенные временны́е звенья.

Коммутационное поле типа В может быть только в станциях малой и средней емкостей, при этом речевое ЗУ не разделяется

на входящее и исходящее. Принцип построения показан на рис. 2.23. В этом случае используется одно РЗУ, которое обслуживает один входящий и один исходящий цифровые потоки. Разделение цифровых потоков осуществляется мульдексом.

Для увеличения емкости звена временно́й коммутации устанавливается несколько РЗУ, которые в зависимости от числа входящих и исходящих направлений включаются группами параллельно (рис. 2.29). Входящие ЦСП объединяются в цифровом мульти-

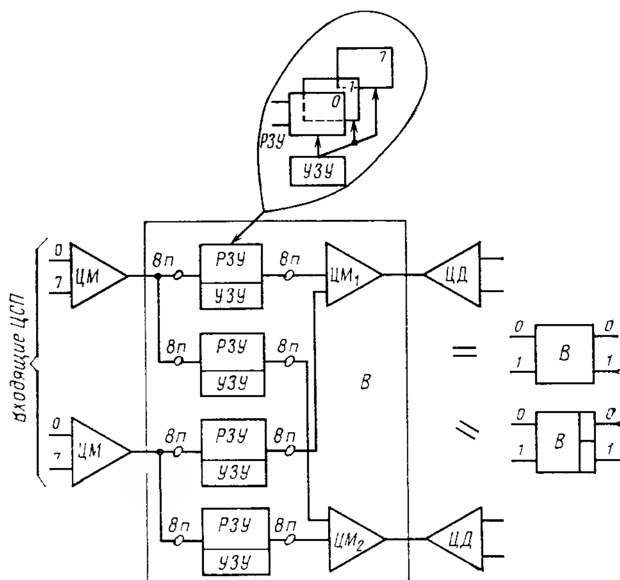


Рис. 2.29. Структурная схема однозвенного блока В

плексоре и параллельно по восьми проводам подаются в два РЗУ [123]. Речевые ЗУ для управления РЗУ имеют управляющие УЗУ или, как их иногда называют, адресные ЗУ. Показаны две группы входящих ЦСП. После коммутации в РЗУ цифровые каналы объединяются цифровыми мультиплексорами $ЦМ_1$ и $ЦМ_2$ в исходящие цифровые потоки и поступают на выход блока временно́й коммутации В. В данном случае блок временно́й коммутации содержит четыре РЗУ с соответствующими УЗУ и два ЦМ и обеспечивает коммутацию двух входящих цифровых трактов по 512 каналов в каждом с двумя аналогичными трактами. Цифровой поток передается со скоростью 16,384 Мбит/с, но при параллельной передаче по восьми проводам и коммутации в восьми частях РЗУ скорость коммутации равна 2048 Мбит/с. С помощью однозвенного блока В можно построить КП емкостью приблизительно 500—1000 каналов.

Коммутационное поле типа (в) получается сразу же, если использовать разделение РЗУ на исходящее и входящее. На рис. 2.30 показаны четыре РЗУ (0—3), каждое из которых разделено

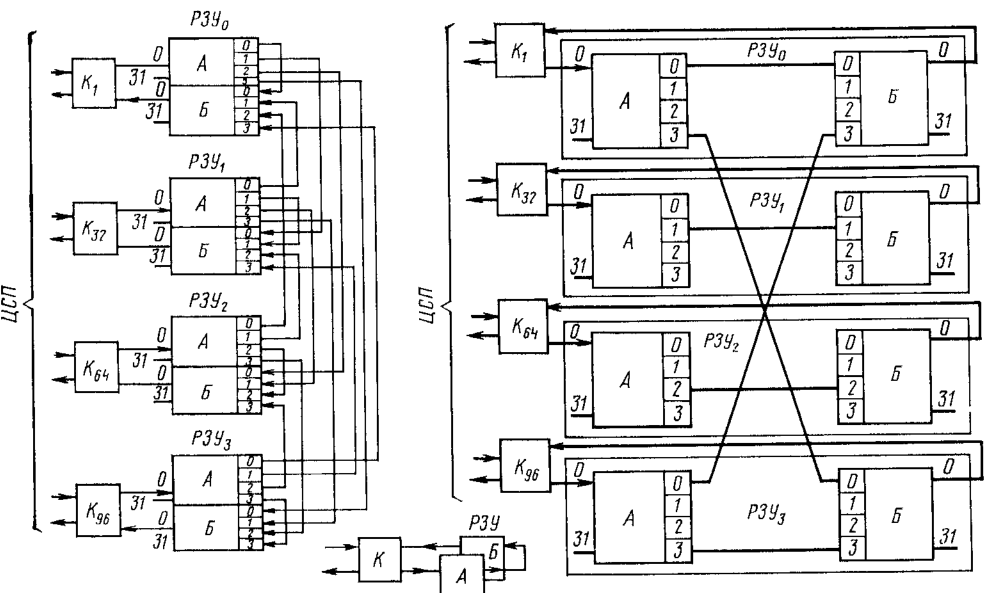


Рис. 2.30. Структурная схема двухзвенного блока $В^2$

на исходящую (А) и входящую (Б) части. Исходящая часть имеет 32 входа и 4 выхода, а входящая — 4 входа и 32 выхода. Каждая часть может быть построена аналогично РЗУ, показанному на рис. 2.29. Каналы прямого направления включаются в исходящую часть РЗУ (А), а обратного — во входящую (Б). Всего в четыре РЗУ могут быть включены 128 систем ИКМ-30/32. Для коммутации цифровых каналов между этими системами исходящие и входящие части РЗУ связаны друг с другом. Рассмотренную схему легко преобразовать в другой вид, из которого становится ясным, что она является двухзвенной, т. е. B^2. Иногда эту же схему изображают в упрощенном виде.

Используя структуру B^2 и временны́е соединители емкостью 4096×4096 каналов, можно построить КП, обеспечивающее пропускание нагрузки до 20 000 Эрл [97].

Обычно последовательно более двух звеньев временно́й коммутации не включают. Для увеличения емкости КП между двумя звеньями временно́й коммутации включаются звенья с пространственной коммутацией.

Коммутационное поле типа ВПВ получается из двухзвенного временно́го КП (см. рис. 2.30), в котором между двумя звеньями В включаются пространственные соединители, коммутирующие цифровые временны́е каналы (рис. 2.31). Обычно пространственные соединители образуют однозвенный полнодоступный блок (коммутатор), число входов которого равно общему числу выходов из РЗУ первого временно́го звена B_1, а число выходов — общему числу входов в РЗУ второго звена B_2 временно́й коммутации. Известны пространственные коммутаторы емкостью до 100×100 [137]. Для уменьшения числа цифровых ЭК коммутатор большой емкости разбивают на несколько более мелких коммутаторов. В этом случае промежуточные цифровые линии , уплотненные большим числом цифровых каналов, равномерно распределяются по коммутаторам с тем, чтобы получить максимальную пропускную способность.

Для обеспечения возможности наращивания емкости КП оно строится модульным. Исходящие и входящие временны́е соединители B_1 и B_2 образуют временны́е модули ВМ. В первом случае каждому ВМ придаются один ОТП и один пространственный соединитель (рис. 2.32). Через ОТП данный ВМ соединяется со всеми другими ВМ. Входящие от других ВМ общие тракты передачи подключаются через пространственный соединитель ПС. Второй способ отличается тем, что вместо отдельных ПС в каждом модуле используется один ПС для всех модулей.

Коммутационное поле типа ВПВ может иметь емкость до 0 000 цифровых каналов.

Для увеличения емкости КП и уменьшения числа групповых электронных контактов вместо одного звена используется многозвенное поле. Максимально в нескольких АТС используются четыре звена П. Построение многозвенных полей аналогично построению пространственных КП (рис. 2.33). Коммутационные поля типа

В(П)В позволяют иметь практически неограниченную емкость. Так, известно КП типа ВП⁴В, позволяющее включить свыше 100 000 каналов [146].

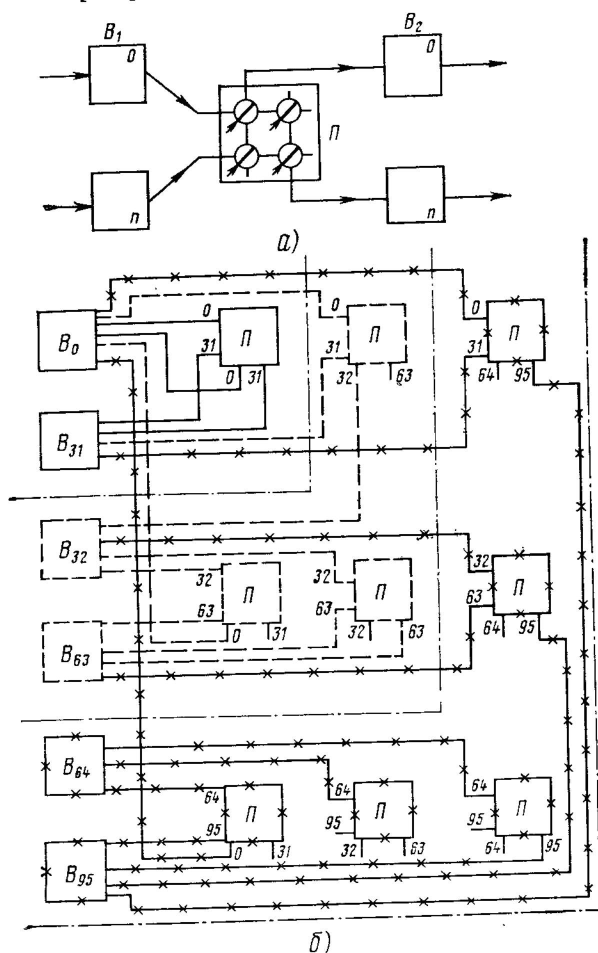


Рис. 2.31. Структурные схемы коммутационного поля типа ВПВ:

а) с одним блоком П; *б*) с несколькими блоками П;
——— — первоначальная емкость АТС (структура ВПВ);
– – – — первый этап увеличения емкости; —×— — второй этап увеличения емкости

Так как звенья КП с пространственной коммутацией сложнее дороже и имеют бóльшие габаритные размеры, чем звенья с вре менной коммутацией, то их стремятся по возможности упростит Такие упрощенные звенья обозначают буквой «п» [109]. Сущност упрощения заключается в следующем. В пространственном соед нителе, в котором коммутируются цифровые каналы уплотненны

промежуточных соединительных линий, связывающие исходящие и входящие временные соединители, коммутируют не каждый канал в отдельности, а весь общий тракт передачи. Это упрощает

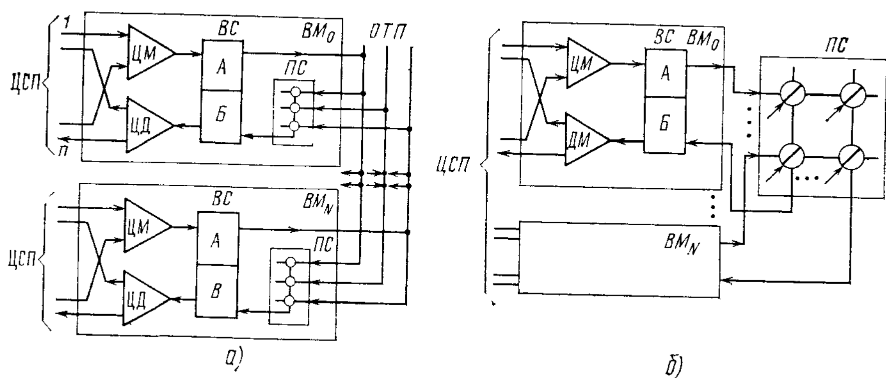


Рис. 2.32. Способы построения КП типа ВПВ:
а) с отдельными блоками ПС; *б*) с общим блоком ПС

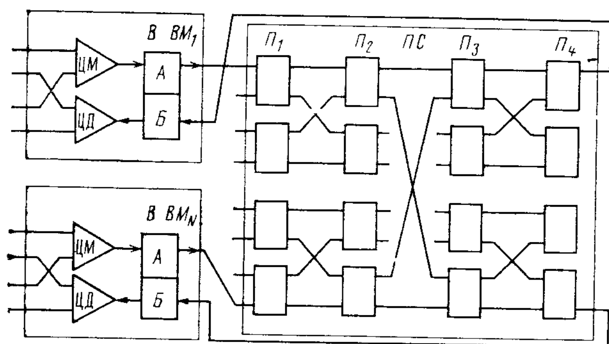


Рис. 2.33. Структурная схема коммутационного поля типа ВП⁴ В

роцесс коммутации и коммутационные устройства звена с проранственной коммутацией.

На рис. 2.34 показана структурная схема КП типа ВпВ, построенная на временных соединителях емкостью 4096×4096 каналов. Каждый соединитель позволяет включить 30 цифровых актов с последовательной передачей и скоммутировать их на тыре цифровых тракта с параллельной передачей. Пространстнные соединители емкостью 16×16 обеспечивают коммутацию -канальных трактов [137].

Коммутационные поля типа П или (П) практически не наи применения. Известно несколько АТС со структурой КП ти- $П^2$, разработанных в 60-е годы, когда временная коммутация лько начинала развиваться. Для уменьшения блокировок в од-

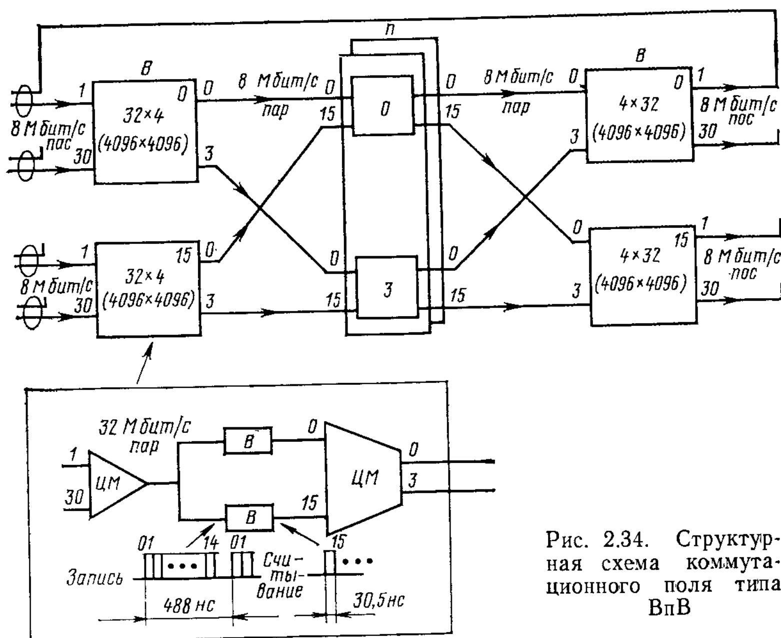


Рис. 2.34. Структурная схема коммутационного поля типа ВпВ

ной из них [104] между звеньями типа П включены сдвигатели импульсов.

Коммутационное поле типа ПВП (рис. 2.35) содержит полно доступные пространственные соединители ПС, коммутирующи

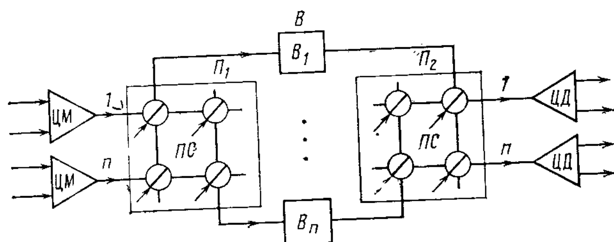


Рис. 2.35. Структурная схема коммутационного поля типа ПВП

уплотненные линии, и временные соединители ВС. Число ВС меньше числа входящих (или исходящих) линий, включенных ПС. В КП большой емкости число пространственных звеньев м жет быть увеличено. Обычно на входе и выходе КП добавляют одному звену и получают структуру $П^2ВП^2$.

Все звенья с пространственной коммутацией имеют внутренн блокировки. Для уменьшения блокировок увеличивают число пр межуточных соединительных линий (или число цифровых кан лов в них) либо уменьшают нагрузку на линию и создают так н зываемые почти неблокирующие схемы. При увеличении чис

промежуточных цифровых каналов на 5—10% вероятность блокировки снижается до 10^{-5} при нагрузке на канал до 0,85—0,9 Эрл. При удвоении числа каналов получают полностью неблокирующие КП.

Сравнивая различные структуры КП, например ВПВ и ПВП, видим, что при равной емкости в первой требуется в 2 раза больше временны́х соединителей и в 2 раза меньше пространственных. В настоящее время временны́е соединители строятся из относительно недорогих БИС и занимают малый объем: неблокируемый коммутационный модуль 512×512 с управлением может быть размещен на одной печатной плате. Кроме того, коммутационные характеристики поля типа ВПВ лучше, чем типа ПВП: значительно больше путей выбора между двумя точками включения и, следовательно, может быть проще построен алгоритм искания пути. Поэтому структура КП типа ВПВ является наиболее распространенной (табл. 2.2).

Таблица 2.2. **Коммутационные поля цифровых АТС**

Тип АТС	Коммутационное поле			Год разработки
	Емкость (число линий)	Структура	Способ коммутации	
DEX-T1 (опытная)	192	ПП	8 бит параллельно	1967
Sintel 1 (опытная)	250	ПП	»	1966
Empress (опытная)	192	ПВП	»	1968
Moorgate (опытная)	384	ППВПП	»	1971
Sintel 3	14, 4K	ППВПП	»	1976
EAX № 3	60K	ППВПП	3 бита последовательно	1978
HTX — международная	60K	ППВПП	3 бита параллельно 8 бит параллельно	1979
E10	10K	ВВ	»	1975
E10B	64K	ВВ	»	
IMA2	1,4K	ВВ	9 бит параллельно	1976
DTX-500	1,1K	ВП	8 бит параллельно	1972
Proteo	16,3K	ВПВ	8 бит последовательно	1976
PDX	23K	ВПВ	8 бит параллельно	1976
AXE	32K	ВПВ	»	1976
DTT-200	1,5K	ВПВ	»	1977
DTM	4K	ВПВ	»	1977
Система X	32K	ВПВ	9 бит параллельно	1978
EWS-D	63K	ВППВ	»	1976
NEAX 81A	13,4K	ВППВ	8 бит последовательно	1977
MT20	65K	ВППВ	8 бит параллельно	1979
NEAX 61TS	60K	ВППВ	»	1979
ESS № 4	107K	ВПППВ	10 бит параллельно	1976
DMS-200	60K	ВПППВ	8 бит параллельно	1977
E12	64K	ВПППВ	—	—
IST	192	ВПВПВ	8 бит параллельно	1971
Fetex 100T	60K	ВПППВ	8 бит последовательно	1979

Построение и расчет ряда коммутационных полей цифровых АТС изложен в [26].

2.6. Электрические контакты

2.6.1. Требования к электрическим контактам

Электрические контакты — самые массовые устройства АТС всех типов. На контактах строятся все устройства тракта передачи, комплекты, коммутационные поля и устройства управления. С их помощью осуществляется подключение коммутационных устройств друг к другу. Из большого числа параметров, характеризующих электрические контакты, важнейшими в технике АТС являются: а) электрические — переходное сопротивление контакта в замкнутом (открытом) и разомкнутом (закрытом) состояниях, минимальный и максимальный коммутируемые токи, максимальное коммутируемое и предельно допустимое (пробивное) напряжения; б) механические — максимальное число срабатываний, контактное давление; в) временные — скорость работы (время срабатывания и отпускания), время дребезга; г) климатические условия — температура, влажность, атмосферное давление. Требования, предъявляемые к контактам, а также способы управления ими зависят от того, в каком устройстве АТС применяются контакты.

Рассмотрим требования, предъявляемые к электрическим параметрам контактов в тракте передачи. Основными из этих параметров являются сопротивления контакта в замкнутом $R_з$ и разомкнутом $R_р$ состояниях. Отношение указанных величин называется коэффициентом коммутации K: $K = R_р/R_з$. Исходя из требований, предъявляемых к внутристанционному тракту передачи аналоговых АТС по рабочему затуханию (1 дБ) и переходному затуханию (70 дБ), можно определить максимально допустимое суммарное сопротивление последовательно включенных в тракт контактов в замкнутом и разомкнутом состояниях. Упрощенно эквивалентная схема тракта без учета параллельно подключенных других трактов может быть представлена Т-образным четырехпо-

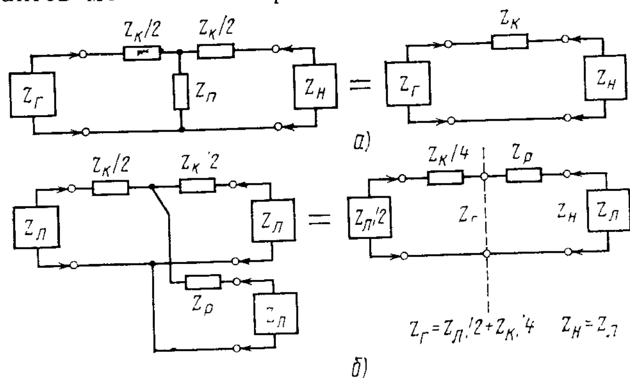


Рис. 2.36. Эквивалентные схемы тракта передачи для расчета сопротивления контактов исходя из:
а) вносимого затухания; *б*) переходного затухания

люсником, с обеих сторон нагруженным на линии (рис. 2.36,*а*), одна из которых является генератором с сопротивлением $Z_г$, а другая — приемником с сопротивлением $Z_н$. Так как в замкнутом состоянии контакта $Z_н \gg Z_к$, то эквивалентную схему тракта можно представить в виде вырожденного четырехполюсника с сопротивлением $Z_к$ в последовательной ветви.

Рабочее затухание тракта из-за сопротивления контактов равно, дБ,

$$b_{р.к} = K \ln \left| \frac{Z_г + Z_н + Z_к}{Z_г + Z_н} \right|, \tag{2.1}$$

где $K = 8{,}686$ — коэффициент перевода неперов в децибелы.

Если, как это принято в АТС, $Z_г = Z_н = Z$, то

$$b_{р.к} = K \ln \left| \frac{Z_к + 2Z}{2Z} \right| \quad \text{или} \quad e^{b_{р.к}/K} = 1 + \frac{Z_к}{2Z}.$$

При малых значениях затухания $e^{b_{р.к}/K} \approx 1 + b_{р.к}$ и тогда $1 + b_{р.к} \approx 1 + Z_к/(2Z)$, откуда $Z_к = 2 b_{р.к} Z/K$. Считаем сопротивление Z активным и равным 600 Ом.

Основное затухание в тракт передачи вносят мост питания и монтажный кабель. Будем считать, что сопротивление контактов вносит десятую часть допустимого затухания, т. е. $b_{р.к} = 0{,}1$ дБ. Тогда $Z_к = 0{,}1 \cdot 2 \cdot 600/8{,}686 \approx 14$ Ом.

В тракте передачи АТС последовательно может быть включено до 24 контактов (16 контактов в восьмизвенном КП, два контакта в АК и шесть контактов в ШК, см. рис. 1.27 и 2.9). В этом случае сопротивление одного контакта не должно превышать 0,5 Ом. У контактов, выполненных из благородного металла (серебра, сплава серебра с палладием), сопротивление значительно меньше и составляет тысячные доли ома. Контакты из неблагородного металла, например контакт скольжения щетка (сталь) — ламель (бронза), и герметизированные контакты имеют близкое сопротивление, равное десятым долям ома. Сопротивление электронных контактов аналоговых АТС в открытом состоянии превышает это значение и равно нескольким омам.

Сопротивление контакта в закрытом (разомкнутом) состоянии влияет не только на вносимое им затухание, но и на переходное. Определим минимально допустимое сопротивление контакта в закрытом состоянии $Z_р$ исходя из норм переходного затухания. При разговоре двух абонентов линия третьего абонента подключена к линиям этих абонентов через закрытый контакт (рис. 2.36,*б*). Эту схему можно заменить эквивалентной. Тогда в соответствии с (2.1) переходное затухание, дБ,

$$b_п = K \ln \left| \frac{(1/2) Z_л + (1/4) Z_к + Z_л + Z_р}{(1/2) Z_л + (1/4) Z_к + Z_л} \right| = K \ln \left| \frac{(3/2) Z_л + (1/4) Z_к + Z_р}{(3/2) Z_л + (1/4) Z_к} \right|.$$

Так как $Z_л \gg Z_к$, то пренебрегаем $Z_к/4$. В этом случае

$$b_п = K \ln \left| \frac{(3/2)\, Z_л + Z_р}{(3/2)\, Z_л} \right|.$$

Поскольку $Z_р \gg Z_л$, то

$$b_п = K \ln \left| \frac{2}{3} \frac{Z_р}{Z_л} \right| \quad и \quad Z_р = \frac{3}{2} e^{b_п/K} Z_л.$$

Подставив $b_п = 70$ дБ, $K = 8{,}686$ и $Z_л = 600$ Ом, получим

$$Z_р = \frac{3}{2} e^{70/8{,}686} \cdot 600 = 4{,}5 \text{ МОм}.$$

Таким образом, для получения переходного затухания, равного 70 дБ, необходимо, чтобы сопротивление разомкнутого контакта было больше 4,5 МОм.

В АТС имеется большое число связанных через разомкнутые (закрытые) контакты параллельных трактов, и они увеличивают рабочее и переходное затухание. Поэтому сопротивление замкнутого контакта должно быть уменьшено приблизительно в 2 раза, а разомкнутого — увеличено в 3—4 раза. Следовательно, коэффициент коммутации должен быть больше 10^8.

В цепях управления и сигнализации сопротивление контактов в замкнутом состоянии может быть больше, а в разомкнутом — меньше, чем в тракте передачи.

Через контакты линейных и шнуровых комплектов, а также контакты коммутационного поля к абонентским устройствам подается ток питания, который изменяется от 15 до 70 мА. Кроме того, через эти контакты передается вызывной ток напряжением 75—110 В. Поскольку один из полюсов источника вызывного тока и плюс станционной батареи заземлены, то фактически в отдельные моменты времени напряжение может достигать суммарного значения 170 В. При этом на контакте выделяется слишком большая мощность, что приводит к его разрушению.

2.6.2. Электронные контакты

В электромеханических АТС контакты из благородного метал-ла позволяют пропускать значительные токи (до десятых долей ампера) и коммутировать напряжения до нескольких сотен вольт. Поэтому практически на передачу тока электропитания и вызывного тока не накладываются никакие ограничения. Но на открытых контактах может образоваться пленка окислов, которую не может разрушить низковольтный речевой сигнал. Для разрушения такой пленки в тех цепях, где не проходит постоянный ток, например ток электропитания микрофонов, специально через большие сопротивления подают постоянное напряжение станционной батареи, что вызывает обтекание контактов постоянным током и предотвращает образование пленки.

В квазиэлектронных АТС также используется металлический контакт, но значительно менее мощный, поэтому создание для КГ

герметизированного металлического контакта с малым переходным сопротивлением (менее 0,5 Ом), пропускающего токи электропитания и вызывные токи, потребовало значительных усилий. Для предохранения геркона от перенапряжений при замыкании и особенно при размыкании электрических цепей коммутация в КП производится без тока, а затем скоммутированная цепь подключается к линии и источнику напряжения («сухая» коммутация).

Создание электронных контактов ЭК, удовлетворяющих ранее рассмотренным требованиям, полностью не решено до сих пор. Электронный контакт по существу является сложным электронным устройством, построенным на полупроводниковых приборах. Если такое устройство коммутирует достаточно большие токи и достаточно высокие напряжения, то его габаритные размеры и стоимость получаются неприемлимыми для АТС. Еще один недостаток электронных контактов состоит в том, что в них цепи управления гальванически не развязаны с цепями передачи. Наиболее близки по своим параметрам к металлическим контактам ЭК на четырехслойных полупроводниковых приборах.

Созданные первоначально электронные контакты на магнитных элементах и газоразрядных приборах в дальнейшем не нашли применения. Газоразрядные приборы имеют высокий уровень собственных шумов, высокие рабочие напряжения, большой разброс параметров. Магнитные элементы трудоемки в изготовлении, так как требуется намотка катушек.

Рассмотрим построение отдельных ЭК на полупроводниковых приборах. Наиболее простым является ЭК на полупроводниковых диодах. При однопроводной коммутации такой контакт содержит один диод (рис. 2.37), при двухпроводной — два диода и трансформатор со средней точкой.

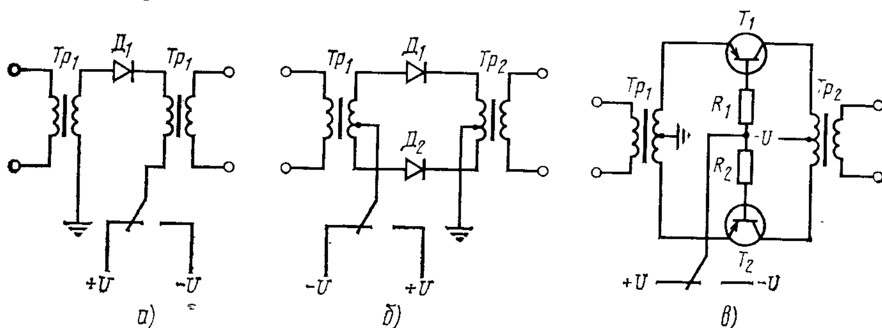


Рис. 2.37. Схемы электронных контактов:
а) однопроводного диодного; *б*) двухпроводного диодного; *в*) транзисторного

Принцип работы ЭК заключается в следующем. В закрытом состоянии к диодам приложены запирающие напряжения, и они не проводят тока. Чтобы открыть ЭК, напряжение на управляющем проводе меняется на обратное. Для обеспечения достаточно малого сопротивления в открытом состоянии контакта требуется прохож-

дение сравнительно большого тока, т. е. большого напряжения сигнала управления (десятки вольт). При использовании ЭК на транзисторе (рис. 2.37,*в*) ток управления может быть уменьшен. Сигнал управления подается на базу транзистора. Полярность сигнала зависит от типа транзистора. При использовании симметричных транзисторов могут быть получены лучшие характеристики передачи [41]. Для удержания ЭК, построенного на полупроводниковых диодах и транзисторах, в открытом состоянии сигнал управления должен подаваться непрерывно. Поэтому необходимо, чтобы цепи управления для ЭК, работающих одновременно, были раздельными.

Наиболее перспективны для электронных КП с пространственным разделением каналов тиристорные ЭК. Для включения тиристора импульс управления положительный или отрицательный в зависимости от типа прибора (с *n*- или *p*-переходом) подается на управляющий электрод. Для выключения тиристора обрывается анодная цепь, а в некоторых типах тиристоров на управляющий электрод подается импульс обратной полярности. Тиристоры могут иметь два управляющих электрода. Принцип построения электронных контактов на четырехслойных полупроводниковых приборах показан на рис. 2.38, а параметры этого ЭК приведены в табл. 2.3.

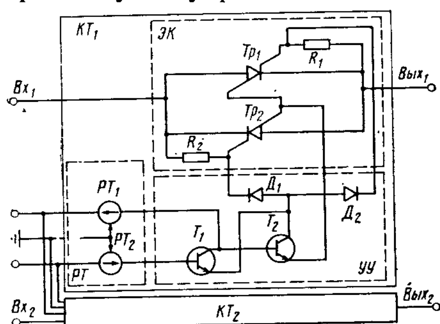


Рис. 2.38. Схемы электронных контактов на четырехслойных полупроводниковых приборах:

КТ — коммутационная точка; УУ — устройство управления; РТ — регулятор тока

Таблица 2.3. **Параметры тиристорного ЭК**

Параметр	Значение параметра	Условие измерения
Пробивное напряжение, В	380	10 мкА
Чувствительность *dU/dt*, В/мкс	200/0,1	
Сопротивление в открытом состоянии, Ом	6,8	$I_а$=30 мА
Падение напряжения на приборе в открытом состоянии, В	1,4	$I_а$=30 мА
Емкость в закрытом состоянии, пФ	4,5	0 В, 4 кГц
Ток управления, мА	0,2	—
Пропускаемый ток, мА	200	—

В импульсно-временно́м тракте передачи с АИМ электронных АТС контакт выполняет роль ключа, который периодически размыкает и замыкает тракт. Его можно рассматривать как Т-образный четырехполюсник, у которого в открытом состоянии последовательное плечо имеет малое сопротивление (не более десятков ом), а параллельное плечо — большое сопротивление (не менее 2—3 МОм). В закрытом состоянии, наоборот, сопротивление

последовательного плеча — не менее нескольких мегом, а параллельного плеча — малое. Эти соотношения определяются тем, что в указанных АТС параллельно может быть включено до нескольких сотен ЭК. Кроме того, значение имеет такой параметр ЭК, как время включения и выключения.

В АТСЭ при четырехпроводном тракте передачи с АИМ электронные контакты по существу являются модуляторами и пропускают сигналы в одном направлении. На рис. 2.39 показаны ЭК, выполненные на полупроводниковых диодах и транзисторах.

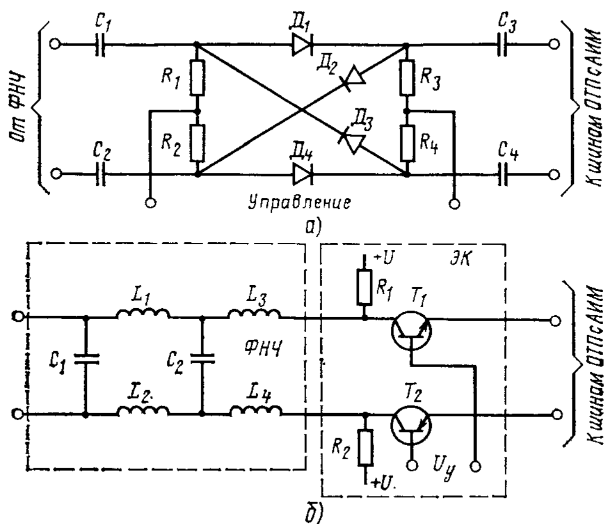


Рис. 2.39. Схемы электронных контактов, используемых в тракте передачи с АИМ:
а) мостиковый ЭК на диодах; *б*) транзисторный ЭК

Более сложными являются ЭК в двухпроводных трактах передачи, где они должны обеспечивать пропускание сигналов в двух направлениях. Кроме того, эти ЭК гальванически связаны с цепями питания микрофонов.

На рис. 2.40 приведены схемы мостиковых диодных ЭК [132]. При соответствующем подборе диодов $Д_1$, $Д_2$, $Д_3$ и $Д_4$ (рис. 2.40,*а*) управляющие импульсы и гармоники токов, кратные частоте следования импульсов, не поступают на ОТП, что снижает требования к фильтрам нижних частот ФНЧ. Для увеличения переходного затухания включены диоды $Д_5$ и $Д_6$, шунтирующие на землю токи разговорных частот, которые могут просочиться через диоды $Д_1$—$Д_4$ в закрытом состоянии ЭК. В этом случае диоды $Д_1$—$Д_4$ закрыты напряжением батареи U_1. Диод $Д_5$ открыт напряжением U_1—U_2, а диод $Д_6$ — напряжением U_1—U_3. Управляющие импульсы блокинг-генератора, поступающие на обмотку w_1, закрывают диоды $Д_5$ и $Д_6$ и открывают $Д_1$—$Д_4$. При этом ЭК открывается.

Достоинством данного ЭК является сбалансированность схемы. К недостаткам следует отнести: сложность схемы, необходимость подбора диодов по значениям прямого и обратного сопротивле-

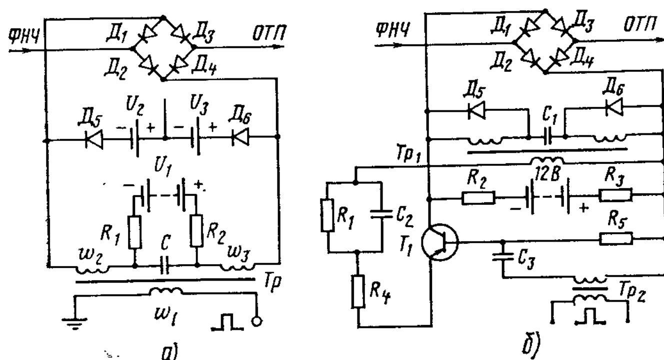


Рис. 2.40. Схемы мостиковых диодных контактов, используемых в абонентских комплектах АТСЭ:
а) ЭК с тремя градациями напряжения; *б*) ЭК с одиой градацией напряжений

ний (разброс не должен быть более 10%), наличие источника электропитания с тремя градациями напряжений, значительную мощность, требуемую для управления. Во второй схеме (рис. 2.40,*б*) мостиковый контакт с дополнительным транзистором позволяет иметь электропитание с одной градацией напряжения и несколько уменьшить мощность управления.

Наиболее простую схему имеет ЭК на симметричном транзисторе (рис. 2.41,*а*) [41]. Импульсы управления через импульсный

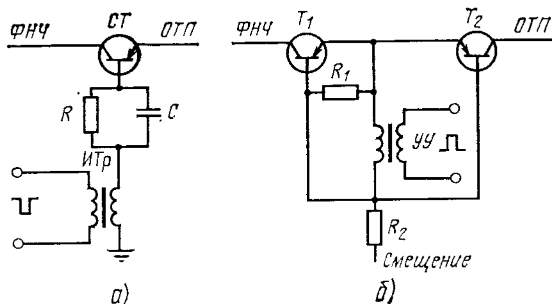


Рис. 2.41. Схемы электронных транзисторных контактов для тракта с АИМ:
а) ЭК на симметричном транзисторе; *б*) ЭК на двух транзисторах

трансформатор ИТр поступают на базу симметричного транзистора СТ и открывают его. Так как коэффициент усиления СТ в прямом и обратном направлениях одинаков, то разговорные токи

проходят в обоих направлениях без искажений. Мощность, требуемая для управления ЭК, выполненным на СТ, меньше, чем для ЭК на обычных транзисторах.

Возможно построение ЭК на двух транзисторах (рис. 2.41,*б*). Такие ЭК эквивалентны по своим параметрам электронным контактам на СТ. В спокойном состоянии на транзисторы T_1 и T_2 подается напряжение смещения и ЭК закрыт. Открывание ЭК осуществляется токовыми импульсами, поступающими из устройств управления УУ.

2.6.3. Введение сигналов в тракт передачи

Для передачи акустических сигналов абоненту, посылки вызова и передачи сигналов постоянного тока и тональных сигналов в устройства других станций соответствующие сигналы вводятся во внутристанционный тракт передачи. В квазиэлектронных АТС, где используются металлические герметизированные контакты, удовлетворяющие рассмотренным выше требованиям, указанные сигналы могут быть введены в тракт передачи наиболее рациональным способом. Эта рациональность, во-первых, обусловлена тем, что сигналы, которые должны быть переданы в абонентские линии, передаются из шнурового комплекта или комплектов соединительных линий через контакты коммутационного поля. Во-вторых, сигналы передаются без преобразования. Сигналы, поступающие от абонентов, также могут непосредственно приниматься общими станционными устройствами. При этом линейные и общестанционные комплекты используются эффективно и могут быть специализированы (рис. 2.42,*а*). Особо следует отметить, что в АК принимается только сигнал вызова станции.

В АТСЭ с пространственным или импульсно-временным КП через поле могут быть переданы только акустические сигналы (рис. 2.42,*б*). Следовательно, вызов (ПВ) передается из АК, а сигналы набора номера отбоя, ответа абонента для передачи через КП преобразовываются. К сожалению, большинство этих преобразований должно осуществляться в АК. Так, прием номера, передаваемый абонентом разрывом шлейфа абонентской линии, воспринимается в АК и преобразуется для передачи к приемнику набора номера по тракту или обходному пути. Сигналы ответа и отбоя абонента также принимаются в АК, преобразуются и передаются в соответствующий комплект. Необходимость преобразования в АК связана с тем, что в этих комплектах электронных АТС установлен трансформатор, не пропускающий постоянного тока. Способ преобразования зависит от принципа построения тракта передачи.

Использование телефонного аппарата с тональным способом передачи набора номера и тональным вызовом позволяет передать импульсы набора номера и послать вызов через КП без введения дополнительных устройств в абонентский комплект.

В цифровых электронных АТС (рис. 2.42,*в*), где все сигналы коммутируются в цифровой форме, требуется преобразование всех вводимых в тракт передачи сигналов как постоянного тока, так и

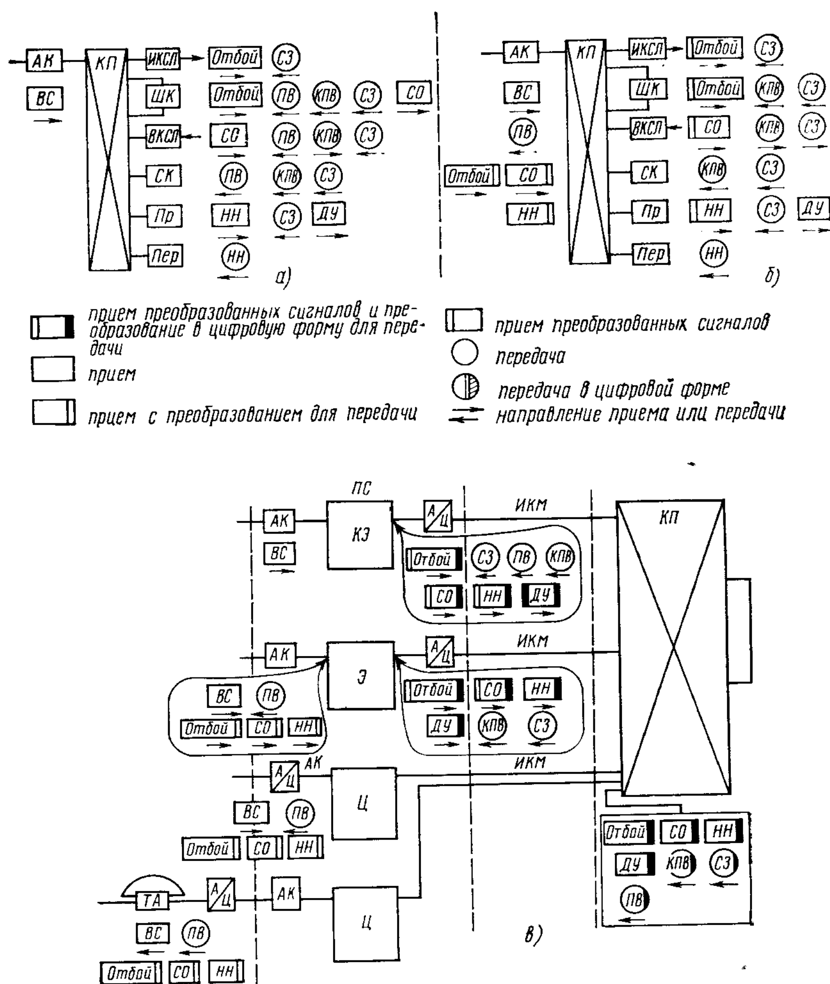


Рис. 2.42. Структурные схемы АТС с указанием места передачи и приема сигналов:

а) квазиэлектронных; *б*) электронных; *в*) цифровых

ВС — вызов станции; ДУ — сигнал дополнительных услуг; КПВ — контроль посылки вызова; НН — набор номера; ПВ — посылка вызова; СЗ — сигнал занятости; СО — сигнал ответа станции

акустических. Вызов может быть послан только из абонентского комплекта.

Возможны три варианта приема и передачи сигналов в цифровых АТС (рис. 2.43):

1. Все сигналы принимаются и передаются устройствами управления непосредственно через линейные комплекты помимо КП. Для приема и обработки аналоговых и цифровых сигналов используются аналоговое АСО и цифровое ЦСО сигнальное оборудование.

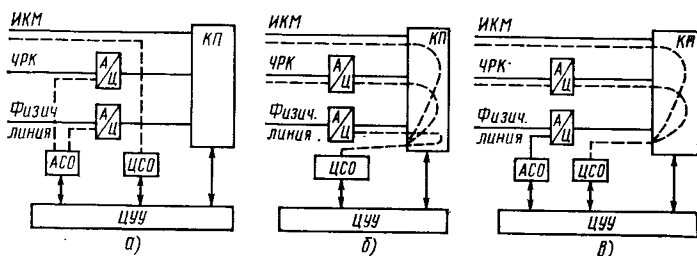


Рис. 2.43. Структурные схемы различных способов передачи и приема сигналов в цифровых АТС:
а) без преобразования сигналов в цифровую форму; *б*) с преобразованием сигналов в цифровую форму; *в*) смешанный способ

2. Все акустические и сигналы постоянного тока в линейных комплектах или других устройствах, связанных с линиями, преобразуются в сигналы цифровой формы, вводятся в цифровой канал и после коммутации в КП передаются в общие цифровые устройства обработки сигналов.

3. В цифровую форму преобразуются только сигналы, поступающие от аппаратуры с ЧРК. Аналогично сигналам от ЦСП они передаются к цифровому сигнальному оборудованию через КП. Сигналы от физических линий не коммутируются в КП и обрабатываются аналоговым сигнальным оборудованием.

Первый способ связан с установкой сложного промежуточного оборудования между комплектами и централизованным сигнальным оборудованием. Второй способ прост и рационален, если сигналы легко преобразуются в цифровую форму. Применение третьего способа эффективно в случае, когда в цифровую АТС включается много (больше 50%) физических линий со сложными системами сигнализации.

В цифровых АТС при использовании второго способа связь ЦУУ с комплектами может осуществляться через КП. Такая возможность является важной особенностью цифровых систем, так как упрощается построение выносных подстанций и устройств взаимосвязи. Комплекты и отдельные устройства могут быть легко вынесены, а стандартный канал использоваться как основной способ связи. Это позволяет приблизить устройство взаимосвязи к абоненту, что уменьшает длину абонентских линий, стоимость которых составляет 35—50% стоимости телефонной сети.

Преобразование акустических сигналов в цифровых АТС должно осуществляться как при передаче, так и при приеме. Аналогично преобразованию речевых аналоговых сигналов в цифро-

вые оно может выполняться аналого-цифровыми преобразователями. В некоторых случаях для введения сигналов в тракт и их выделения используют цифровые фильтры. В цифровых АТС, в которых абонентские линии включены в цифровые подстанции, указанное преобразование выполняется в АК, а при использовании цифрового телефонного аппарата — в телефонном аппарате. В последнем случае преобразование усложняется, так как увеличивается потребляемая ТА мощность электропитания (см. рис. 2.42,*в*).

Наиболее сложным оказывается введение сигналов в тракт передачи при использовании в цифровых АТС подстанций с электронным аналоговым КП, так как в этом случае необходимо преобразовать сигналы в АК для передачи через КП подстанций и снова преобразовать их в цифровую форму для передачи по цифровому каналу на АТС. В случае применения цифровых подстанций осуществляется только одно цифровое преобразование.

2.6.4. Построение абонентских комплектов в электронных АТС

На АТС электромеханических систем абонентские комплекты состоят из двух электромагнитных реле — линейного и разделительного. В квазиэлектронных АТС схема абонентского комплекта упрощается: вместо линейного реле для каждой линии в электронном сканирующем устройстве предусматривается точка сканирования, а разделительное реле сохраняется в виде отдельного реле с двумя контактами на размыкание или в виде точки коммутации в дополнительной вертикали коммутационной матрицы, в которую включаются абонентские линии (см. рис. 1.27).

В электронных АТС для защиты от линейных влияний контакты коммутационного поля гальванически отделяются от линий линейными трансформаторами, которые устанавливаются в абонентских комплектах (см. рис. 1.28—1.30). При этом возникает ряд сложных вопросов, решение которых связано с усложнением АК. К таким вопросам относятся электропитание микрофонов телефонных аппаратов, посылка вызова в телефонный аппарат, контроль состояния линии, испытание линии, защита электронных контактов КП от токов и напряжений и создание четырехпроводного, в частности цифрового, тракта передачи.

Ток электропитания микрофона абонентского телефонного аппарата достигает 70 мА. На электромеханических и квазиэлектронных АТС этот ток во время разговора подается из шнурового комплекта или из комплекта соединительной линии через КП. На АТСЭ ток питания подается из АК через обмотки трансформатора. Для обеспечения меньшей зависимости тока питания от сопротивления абонентской линии в цепь питания включаются дополнительные резисторы сопротивлением 500 Ом, которые также устанавливаются в АК (см., например, на рис. 2.29 резисторы R_1 и R_2). Ток питания микрофона вызывает подмагничивание сердечника трансформатора, что снижает магнитную проницаемость материала сердечника и приводит к увеличению габаритных разме-

ров трансформатора. В некоторых АТСЭ для устранения подмагничивания питание микрофона осуществляют через дроссели, которые одновременно служат и добавочными резисторами. Для стабилизации тока питания в цепь питания включают полупроводниковые стабилизаторы тока.

В квазиэлектронных АТС вызов в абонентскую линию посылается через КП из ШК, ВКСЛ или специального станционного комплекта посылки вызова. В АТСЭ вызов посылается из АК, для чего в АК устанавливается герконовое реле, подключающее источник вызывного тока к абонентской линии и отключающее линию от станционных устройств.

Контроль состояния линии на электромеханических и квазиэлектронных АТС состоит в том, чтобы принять от абонента сигнал вызова станции (первоначальное замыкание шлейфа абонентской линии). Дальнейшие замыкания и размыкания шлейфа (набор номера, отбой) принимаются общими станционными или линейными комплектами. На электронных АТС нет цепи постоянного тока от абонентской линии через КП до станционных комплектов, поэтому в АК должен осуществляться постоянно контроль за состоянием абонентской линии. Сигналы замыкания и размыкания шлейфа должны приниматься в АК и транслироваться в соответствующие станционные комплекты или управляющие устройства. Трансляция может осуществляться различными способами, иногда с преобразованием сигналов постоянного тока в частотные или импульсные сигналы.

Испытания абонентских и соединительных линий квазиэлектронных АТС производятся, как правило, постоянным током. Измерительные приборы подключаются к линиям через КП, используя те же пути, что и для передачи информации. Невозможность передачи через коммутационное поле АТСЭ постоянного тока приводит к необходимости подключать измерительные приборы к абонентским комплектам. Для подключения измерительных устройств используются герконовые реле.

Защита станционных устройств от внешних влияний токов и напряжений энергоустановок и линий электропередачи, а также от грозовых разрядов в квазиэлектронных АТС, так же как и в электромеханических, осуществляется защитными устройствами кросса. Но эти устройства не обеспечивают защиты полупроводниковых приборов в станционных устройствах и, в частности, в КП электронных АТС. Для их защиты устанавливаются специальные защитные устройства в АК.

Создание четырехпроводного внутристанционного тракта передачи в электронных АТС с аналоговым КП требует установки в АК дифференциальной системы и ЭК (см. рис. 1.36). В цифровых АТС при создании четырехпроводного цифрового внутристанционного тракта в АК устанавливаются кодеки и осуществляется аналого-цифровое преобразование. Структурная и принципиальная схемы АК, отражающие рассмотренные особенности, показаны на рис. 2.44.

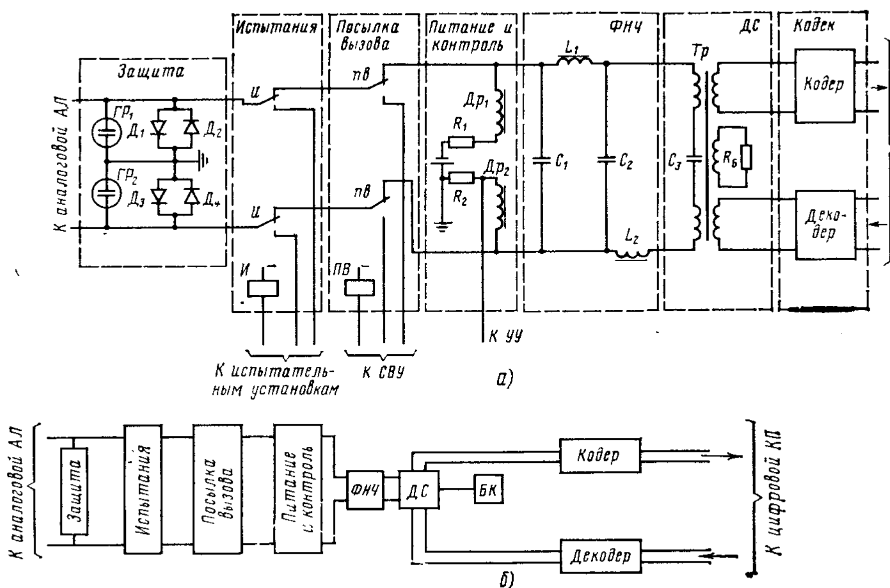


Рис. 2.44. Схемы абонентского комплекта цифровой АТС:
а) принципиальная; *б*) структурная

Выполнение рассмотренных требований приводит к созданию громоздких и дорогостоящих АК, что значительно усложняет и удорожает оборудование электронных АТС. Для упрощения АК на электронных станциях с пространственной коммутацией разрабатываются более мощные высоковольтные коммутационные приборы, позволяющие передавать вызывной и постоянный токи через КП, а по возможности и подключать эти приборы непосредственно к линиям [138]. Для цифровых АТС разрабатываются большие интегральные схемы, содержащие кодеки, дифференциальные схемы и другие устройства, необходимые для построения АК. Непрерывное снижение стоимости интегральных схем может привести к построению АК приемлемой стоимости.

Рассмотренная проблема построения АК в электронных АТС получила в англоязычной литературе название **BORSCHT** по начальным буквам рассмотренных вопросов (Battery feed — электропитание, **Overvoltage** — высокие напряжения, Ringing — посылка вызова, **Supervision** — контроль, **Coding** — кодирование, **Hybrid** — дифференциальная система, **Testing** — испытания) [106].

2.7. Элементная база для построения коммутационных полей

2.7.1. Требования к элементам

В реле и МКС с негерметизированными контактами основными причинами повреждений являются загрязнение контактов, покрытие их пылью и различными органическими пленками, а так-

же коррозия под воздействием окружающей среды. Загрязнение контактов и покрытие их пленками особенно сильно сказываются при передаче сигналов малой мощности (милливатты). Попытки целиком заключить реле в кожух и таким образом защитить контакты оказались безуспешными, поскольку контакты в этом случае подвергались воздействию газов, выделяющихся под действием тепла из находящихся под кожухом изоляционных материалов реле.

Идеальным способом защиты контактов от влияния внешней среды оказалось размещение металлического контакта в герметизированном стеклянном баллоне такое, что обмотки возбуждения находятся вне баллона. Эти принципы положены в основу конструкции герметизированного контакта (геркона) и приборов (реле, коммутационных матриц), построенных на основе герконов.

Как квазиэлектронные, так и электронные АТС имеют общие управляющие устройства, которые освобождаются сразу после установления соединения. Следовательно, приборы КП должны иметь механическую, электрическую или магнитную блокировку, чтобы удерживаться во включенном состоянии на все время соединения, при этом мощность управления приборами и мощность, потребляемая при удержании, должны быть минимальными.

Используемые на АТС приборы должны удовлетворять требованиям, вытекающим из особенностей построения, работы и эксплуатации станции. В связи с тем, что АТС непрерывно эксплуатируются в течение длительного времени (20—40 лет), срок службы используемых в АТС приборов должен исчисляться десятками лет. Исходя из этого же необходимо, чтобы расход электрической энергии во время работы приборов был минимальным, а в нерабочее время энергии не требовалось. В устройствах АТС, в особенности КП и комплектах, используется большое число однотипных приборов, параметры которых должны быть строго одинаковы.

Постоянная готовность устройств АТС к работе и большое число приборов предъявляют высокие требования к их надежности. В настоящее время на один номер в квазиэлектронных АТС приходится в среднем 100 приборов, из которых около 20% составляют полупроводниковые приборы (диоды и транзисторы), а в электронных АТС 100—200 приборов (конденсаторов, резисторов и полупроводниковых). В квазиэлектронных и электронных АТС в коммутационных полях с пространственным разделением каналов на каждую включаемую линию (точку включения) в зависимости от нагрузки требуется 15—25 коммутационных приборов (точек коммутации), а в АМТС — даже до 80. Использование больших интегральных схем снижает общее число требуемых приборов и повышает надежность АТС.

Важными факторами при разработке АТС являются стоимость используемых приборов, трудоемкость изготовления отдельных коммутационных устройств и возможность создания необслуживаемых или частично обслуживаемых станций. К приборам, ис-

пользуемым в КП и комплектах, предъявляется ряд специфических требований; некоторые из них были указаны выше. К коммутационным приборам КП и комплектов квазиэлектронных АТС не предъявляется высоких требований по числу срабатываний, так как максимальное число срабатываний даже при 40-летнем сроке службы не превышает 5 млн. Для полупроводниковых приборов число срабатываний не нормируется.

В коммутационных полях цифровых АТС используются логические интегральные схемы, аналогичные используемым в устройствах управления, поэтому они не рассматриваются. Рассматриваются герметизированные контакты (герконы и газаконы), герконовые реле, коммутационные матрицы и соединители на герконах.

2.7.2. Герметизированные контакты

Герконы. Существует большое разиообразие герметизированных контактов (герконов), работающих на замыкание (тип А), размыкание (тип В) и переключение (тип С).

Геркон типа А (рис. 2.45) состоит из стеклянного баллона *1* и двух контактных пружин *2*. Контактные пружины изготовляют-

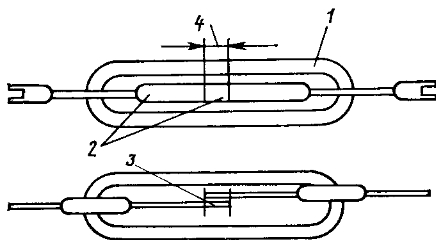


Рис. 2.45. Конструкция геркона типа А: *1* — стеклянный баллон; *2* — контактные пружины; *3* — покрытне; *4* — перекрытне контактных пружин

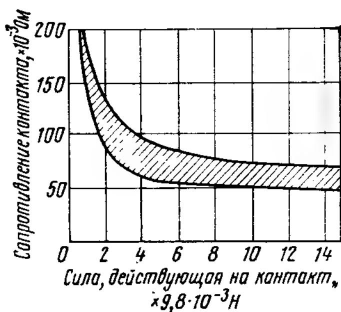


Рис. 2.46. Зависимость переходного сопротивления контакта от силы, действующей на контакт

ся из железо-никелевых магнитных сплавов, температурный коэффициент расширения которых равен коэффициенту расширения стекла баллона. Чаще всего для изготовления пружин используется проволока, которая рубится на отрезки требуемой длины. Часть отрезка расплющивается. Стеклянные ампулы и контактные пружины, часто называемые язычками, подвергаются очистке, полировке, отжигу и дегазации. Затем контактирующие поверхности покрываются благородным металлом — золотом, серебром, родием *3*. Наиболее часто используется золото, иногда с добавлением кобальта. Покрытие родием обеспечивает максимальный срок службы и высокую надежность. Покрытие наносится в основном диффузионным или гальваническим способом. Толщина покрытия зависит от назначения геркона. На контакты, предназначенные для КП квазиэлектронных АТС, где коммутируемые то-

ки, как правило, малы, как и магнитодвижущая сила удержания, наносится относительно тонкий слой благородного металла. В герконах, предназначенных для работы в схемах управления АТС, толщина покрытия увеличивается.

Язычки устанавливаются в баллоне таким образом, чтобы обеспечивались точная величина перекрытия *4* и точный воздушный зазор между пластинами. При определенных размерах и обработке пластин именно величины перекрытия и зазора между контактами определяют параметры реле. Баллон наполняется газом или смесью газов, например смесью водорода с азотом, при нормальном давлении. В некоторых случаях давление увеличивают до нескольких атмосфер или создается вакуум, что уменьшает степень разрушения контактов и позволяет коммутировать большие токи (до 5 А) и напряжения (до 5000 В). Герконы выпускаются различных длин (20—80 мм) и диаметра баллона (2—6 мм) [13, 14].

Существуют также герконы, смачиваемые ртутью (ртутные реле), но в АТСКЭ такие герконы нашли очень малое применение и в дальнейшем не рассматриваются. В отличие от контактов, смачиваемых ртутью, рассматриваемые герконы иногда называют сухими.

Переходное омическое сопротивление геркона зависит от материала контактных пружин, материала и толщины покрытия и величины контактного нажатия, создаваемого магнитным полем при замыкании контактов. Сопротивление контакта может быть в пределах от нескольких сотых до нескольких десятых долей ома. С уменьшением габаритных размеров реле уменьшаются силы, действующие на контакты, а это в свою очередь увеличивает сопротивление контакта. На рис. 2.46 показана зависимость сопротивления контакта от силы, действующей на контакт, для геркона типа Н80 с золотым диффузионным покрытием. Как видно из графика, сила, действующая на контакт, должна быть не менее 0,04 Н.

Переходное сопротивление контакта может увеличиться из-за коррозии контактов и других явлений. Поэтому сила, действующая на контакт, должна быть несколько больше — минимум 0,08—0,1 Н. Кроме того, при малом нажатии повышается чувствительность к вибрации, что ведет к изменению сопротивления и увеличению собственного шума контактов. Вибрации могут вызываться механическими влияниями и колебаниями тока в катушке, а также потоками рассеяния соседних реле.

Геркон имеет весьма малую емкость, которая не превышает нескольких пикофарад. На емкость геркона существенно влияет площадь контактной поверхности, а также размер и форма воздушного зазора. Индуктивность геркона тоже мала. При соответствующей обработке пластин (покрытие медью) через геркон может обеспечиваться коммутация переменных токов с частотой несколько мегагерц.

При коммутации сигналов напряжением до 60 В и током до 100 мА и активной нагрузке герконы практически не испытывают разрушения контактирующих поверхностей. При индуктивной нагрузке для предотвращения разрушения контактов и уменьшения числа срабатываний требуется искрогашение, для чего используются *RC*-цепи с резисторами сопротивлением 200—1000 Ом и конденсаторами емкостью 0,1 мкФ. При этом достигается такое же число срабатываний контактов, как при чисто омической нагрузке. Известны герконы, обеспечивающие при коммутации тока в несколько миллиампер до $2\cdot10^9$ срабатываний [71].

Время срабатывания (замыкания) геркона зависит от величины зазора, мощности возбуждения, упругости контактных пружин и находится обычно в пределах 0,5—3 мс. Время размыкания фактически зависит только от упругости пластин и равно приблизительно 0,5 мс. Герконы, конструкция которых показана на рис. 2.47,*а*, имеют значительное время дребезга контактов. Для устра-

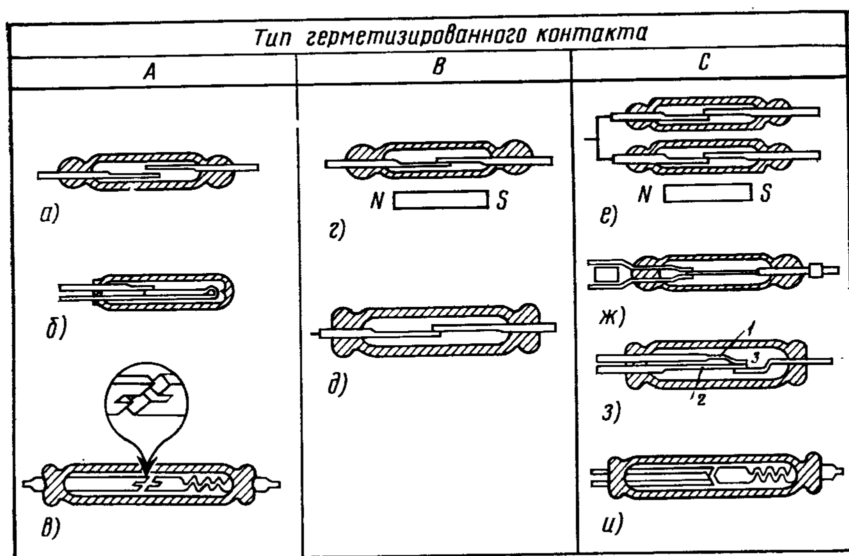


Рис. 2.47. Основные типы герконов

нения дребезга была предложена другая конструкция герконов (рис. 2.47,*б*,*в*): одна из контактных пружин выполняется изогнутой и при замыкании оказывает демпфирующее действие.

Изготовление герконов требует весьма точной установки пластин, заданных зазоров и т. д., поэтому выпускать герконы, имеющие одинаковые характеристики и приемлемую стоимость, практически возможно только при автоматизированном производстве.

Геркон типа В может быть построен двумя способами. При первом способе около стеклянного баллона устанавливается постоянный магнит такой силы, которая достаточна для срабатыва-

ния геркона (рис. 2.47,*г*). Для размыкания контактов через обмотку пропускается ток соответствующего направления, чтобы магнитный поток, вызванный этим током, был направлен против магнитного потока постоянного магнита и уменьшил его до величины, обеспечивающей размыкание контактов. При втором способе (рис. 2.47,*д*) контакты нормально замкнуты и одна пластина изготовлена из немагнитного материала. Под действием тока пластина из магнитного материала отклоняется и контакт размыкается.

Геркон типа С может быть получен сочетанием контактов на замыкание и размыкание. Однако такое решение является неэкономичным, так как на каждый контакт требуются две ампулы (рис. 2.47,*е*). Поэтому разработаны специальные герконы на переключение с использованием постоянного магнита (рис. 2.47,*ж*). Эти герконы получили название поляризованных. В них под действием постоянного магнита две контактные пластины находятся в замкнутом состоянии. Для переключения контакта в обмотку реле подается постоянный ток таких силы и направления, чтобы скомпенсировать действие постоянного магнита и обеспечить переключение контакта.

Во всех конструкциях поляризованных герконов увеличиваются габаритные размеры и стоимость реле. В связи с этим были предприняты попытки создать геркон с контактами на переключение без использования постоянного магнита. У такого геркона контакт выполнен в виде трех контактных пружин, впаянных в стеклянную ампулу (рис. 2.47,*з*). Крайняя пружина *1*, образующая нормально замкнутый контакт, имеет наконечник из немагнитного материала. Пружины *1*, *3* — сравнительно большие и жесткие, тогда как пружина *2* по габаритным размерам несколько меньше и гибка. Во время сборки контактирующую пружину *2* довольно точно ориентируют относительно других пружин и устанавливают возле одного из крайних язычков, образуя контакт на замыкание. Для переключения контактов через обмотку реле пропускают ток соответствующих силы и направления. Магнитное поле заставляет пружину *2* отклониться от верхней пружины *1* и образовать контакт с нижней пружиной *3*. Как только постоянный ток выключается, магнитное поле пропадает и пружина *2* за счет своей упругости возвращается в исходное положение. В некоторых случаях на язычок *2* наматывается спираль из никелевой проволоки, которая действует как демпфер и снижает вибрацию контактов. Разработана конструкция геркона типа С (рис. 2.47,*и*) с демпфирующим язычком. Для коммутации значительных токов и напряжений используются мощные герконы, называемые силовыми или, сокращенно, герсиконами.

Гезаконы. Для изготовления контактных пружин может быть использован материал, представляющий собой переменный магнит с прямоугольной петлей гистерезиса. Это позволяет создать геркон с внутренней магнитной блокировкой. В отечественной литературе герконы с внутренней магнитной блокировкой получили

название гезаконов, а в иностранной — ремридов или меоридов. Сложность создания гезакона заключается в том, что используемый для контактных пружин материал наряду со свойствами, присущими переменному магниту, должен иметь и ряд специфических свойств, позволяющих изготовлять контактные пружины и запаивать их в стеклянный баллон без изменения магнитных свойств. Технология изготовления гезаконов аналогична технологии изготовления герконов. Покрытие из благородного металла контактирующих поверхностей может внести в магнитную цепь магнитное сопротивление, поэтому оно должно быть достаточно тонким (1,5—3 мкм).

Принцип действия гезаконов аналогичен принципу действия герконов. Для замыкания гезакона в обмотку подается импульс тока, магнитное поле которого производит согласованное намагничивание обеих контактных пружин, они притягиваются и контакт замыкается. При выключении тока пружины остаются намагниченными, а контакт замкнутым. В отличие от геркона, размыкание гезакона можно произвести или размагничиванием язычков, или их встречным намагничиванием [59].

В первом случае в обмотку подается импульс тока обратной полярности, который создает магнитный поток, противоположный магнитному потоку намагниченных пружин. В результате этот поток уменьшается, т. е. пружины размагничиваются и под действием упругих сил размыкаются. Недостатком рассмотренного способа размыкания гезакона является возможность недостаточного размагничивания или перемагничивания пружин, вследствие чего в обоих случаях контакты остаются замкнутыми. Чтобы избежать этого, требуется ограничение тока размагничивания снизу и сверху с учетом разбросов магнитных и механических параметров гезаконов.

Во втором случае для управления гезаконом необходимо иметь несколько обмоток. На рис. 2.48 показан гезакон с тремя обмотками, две из которых (*1* и *2*) включены согласованно, а третья (*3*) — встречно. Для включения гезакона импульс подается к зажимам обмоток *1* и *2*. Ток, проходя через обмотки *1* и *2*, вызывает согласованное намагничивание контактных пружин. Для выключения гезакона (показано в кружках) импульс той же полярности подается к зажимам обмоток *1* и *3*. Ток, проходя через обмотки *1*...*3*, вызывает встречное намагничивание пружин. Пружины размыкаются.

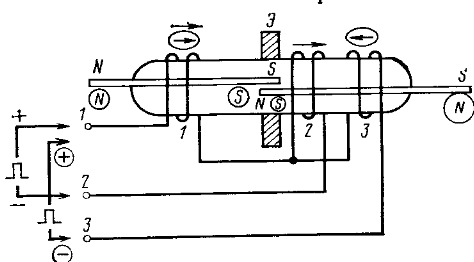


Рис. 2.48. Принцип действия гезакона

Второй способ имеет следующие преимущества: не нужно менять полярность тока выключения (один источник), не требуется

ограничение тока сверху, увеличивается устойчивость работы гезакона. Для исключения влияния обмоток, находящихся над разными контактными пружинами, они отделены ферромагнитным экраном Э.

Основные параметры некоторых отечественных и зарубежных типов герконов и гезаконов приведены в табл. 2.4.

2.7.3. Герконовые реле

Герконовое реле представляет собой электромагнитную катушку (соленоид), внутри которой помещается несколько герконов. Для создания замкнутого магнитопровода в реле иногда предусматривается металлическое ярмо (рис. 2.49). При прохождении постоянного тока через обмотку реле создается магнитный поток Ф, основная часть которого $Ф_0$ замыкается через контактные пластины и ярмо. Часть потока $Ф_р$ рассеивается. Под воздействием магнитного потока пластины притягиваются друг к другу и контакт замыкается.

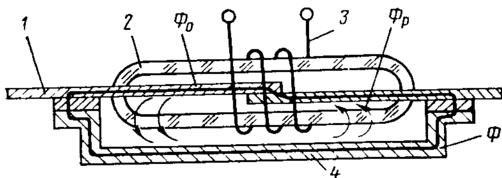


Рис. 2.49. Принцип действия герконового реле:

1 — контактные пружины; *2* — стеклянный баллон; *3* — обмотка; *4* — ярмо

Впервые герконовые реле были разработаны в 1938 г. [69], но промышленные образцы появились только в 1945 г., а широкое применение герконовые реле нашли после 1953 г.

Герконовое реле в зависимости от назначения (коммутационное поле, устройства управления) и способа применения (печатный монтаж, обычный монтаж) имеют различную конструкцию. Наиболее часто герконы помещаются внутри катушки, но известны реле, герконы в которых расположены снаружи (рис. 2.50).

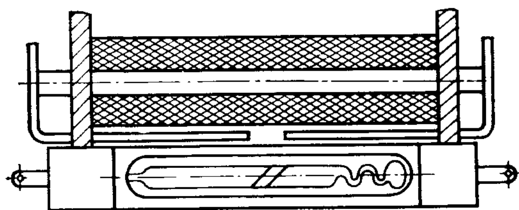


Рис. 2.50. Герконовые реле с плоскими герконами, расположенными снаружи катушки

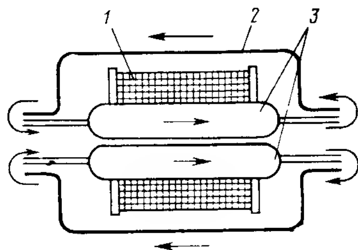


Рис. 2.51. Экранированное герконовое реле

Число герконов, помещаемых в одной катушке, может быть различным — от 1 до 40, в последнем случае реле имеет плоскую конструкцию. Для уменьшения потока рассеивания реле помещается в металлический кожух (рис. 2.51) из магнитопроводящего материала, который является магнитопроводом и исключает влия-

Таблица 2.4. **Основные параметры герконов и гезаконов**

Параметр	Герконы			Гезаконы			
	МКА-27 (СССР)	МКА-36 (СССР)	Н-40 (ФРГ)	ГЗК-27 (СССР)	238-А (США)	RD-51 (Япония)	FRD-8 (Япония)
1	2	3	4	5	6	7	8
Контактные пружины: наименование сплава	52НВИ	—	—	КНБ	Ремендюр 27	Сплав типа ремендюр	Нибколой
химический состав, % (остальное Fe)	0,08Co; 0,2Si; 0,5Mg; 0,012S; 0,12P; 0,2Cu; 51,5—52,5Ni	—	—	40Co; 20Ni 13Cu; 0,2 — 0,5Ce	48Co; 2,7V	49Co; 2,8V	85Co; 3N6
Остаточная индукция, Т	1,4	—	—	1,55	1,8	1,85	1,45
Коэрцитивная сила, А/см	0,3	—	—	16—24	24	30	16
Прямоугольность петли гистерезиса	—	—	—	0,95	0,9	0,91	0,95
Температурный коэффициент линейного расширения, $1°C \cdot 10^{-7}$	100±5	—	—	104	104	104	123
Диаметр проволоки для контактных пружин, мм	0,6	—	0,55	0,6	0,53	0,55	0,6
Длина геркона или гезакона с выводами, мм	45,5	65	46,7	42	38	37,5	45
Длина стеклянного баллона, мм	27	36	28,6	27	27	26	27

Продолжение табл. 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8
Межконтактный зазор, мм	—	—	0,08	0,1	0,11—0,17	0,08	0,08
Перекрытие контактов, мм	—	—	0,6	0,5	0,55	0,4	0,4
Жесткость рабочей части язычка, ×9,8·10⁻³ Н/мм	—	—	—	80	32	92	110
Контактное давление, ×9,8·10⁻³ Н	—	—	—	7	3,5	8	5
Возвратная сила, ×9,8·10⁻³ Н	—	—	2,7	3,5	1,3	3,7	4
Время срабатывания, мс	1,5	2,0	1,2	2,0	3,0	1,0	1,5
Время отпускания, мс	0,5	0,5	0,1	0,5	0,5	0,5	0,5
Магнитодвижущая сила, А: срабатывания отпускания	 30—45 12—36	 60—80 25—64	 31—58 15—26	 75—100 30—45	 92—127 20—37	 110—125 30—50	 77—97 23—33
Электрическое сопротивление контакта, Ом	0,1	0,05	0,15	0,15	0,15	0,1	0,04
Электрическая прочность изоляции, В	500	500	600	750	800	800	600
Максимальная коммутируемая мощность: при активной нагрузке, Вт при индуктивной нагрузке, В·А	 12 1,5	 21 —	 — 5,0	 15 1,5	 — —	 15 —	 — —
Пропускаемый постоянный ток, А	1,0	2,0	1,2	—	—	0,5	—

Окончание табл. 2.4

Параметр	Герконы			Гезаконы			
	МКА-27 (СССР)	МКА-36 (СССР)	Н-40 (ФРГ)	ГЗК-27 (СССР)	238-А (США)	RD-51 (Япония)	FRD-8 (Япония)
1	2	3	4	5	6	7	8
Диапазон коммутируемых токов, А	$1 \cdot 10^{-6}$—0,25	0,01—0,35 имп. ток 12	$5 \cdot 10^{-6}$—0,35	0,001—0,1	—	0,3	—
Коммутируемое напряжение, В	10^{-3}—110	250	$5 \cdot 10^{-3}$—110	0,01—60	—	—	—
Износоустойчивость (число циклов):							
без электрической нагрузки	10^8	10^8	10^8	—	—	10^7	—
при активной нагрузке:							
60 В, 0,025 А	$2 \cdot 10^7$	$5 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^7$	$5 \cdot 10^6$	—	$4 \cdot 10^6$	—
60 В, 0,2 А	$5 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^6$	$4 \cdot 10^6$	—	—	—	—
при индуктивной нагрузке (60 В; 0,25 А) с искрогашением	$5 \cdot 10^6$	—	$5 \cdot 10^6$	$4 \cdot 10^6$	—	—	—
Емкость контакта, пФ	0,5	1	—	—	—	1	—

ние внешних магнитных полей. Такие реле можно располагать вплотную друг к другу, не опасаясь их взаимного влияния.

Основными параметрами герконовых реле являются магнитодвижущие силы МДС срабатывания, удержания и отпускания, время срабатывания и отпускания.

Магнитодвижущая сила срабатывания зависит от места расположения обмотки возбуждения по отношению к воздушному зазору, размера воздушного зазора, длины язычков и их упругости, числа герконов в реле и других факторов. С увеличением расстояния D между серединой обмотки возбуждения и центром контактного зазора МДС срабатывания увеличивается (рис. 2.52).

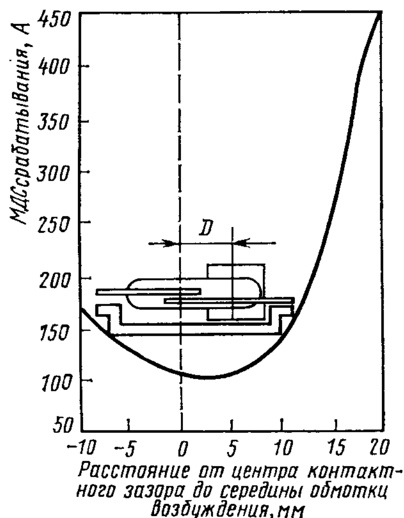


Рис. 2.52. Зависимость магнитодвижущей силы срабатывания герконового реле от места размещения обмотки

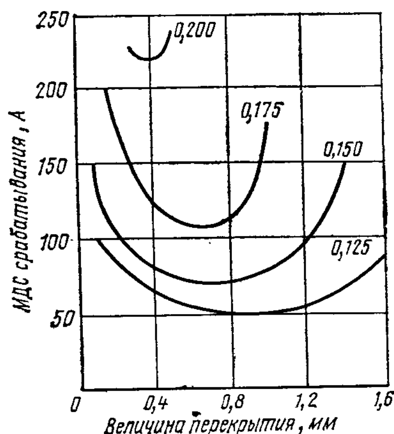


Рис. 2.53. Зависимость МДС срабатывания герконового реле от величины перекрытия при различных воздушных зазорах

С увеличением числа герконов МДС срабатывания также увеличивается, причем это увеличение зависит не только от числа, но и от типов герконов. При увеличении зазора между язычками МДС срабатывания увеличивается, так как требуются большие усилия для изгиба язычков для их соприкосновения.

На рис. 2.53 в качестве примера показана экспериментально определенная для одного типа реле зависимость МДС срабатывания от перекрытия язычков при различном воздушном зазоре. При очень малом перекрытии МДС сила срабатывания велика, так как в контактной зоне появляется магнитное насыщение. При очень большом перекрытии (0,8—1,6 мм) МДС срабатывания возрастает из-за низкой плотности магнитного потока. В случае очень большого воздушного зазора МДС срабатывания возрастает довольно быстро, так как увеличивается магнитный поток рассеивания, а следовательно, и требуемое возбуждение.

Для получения большого пробивного напряжения, а следовательно, и срока службы желателен большой зазор. Однако из графика (см. рис. 2.53) видно, что большой воздушный зазор оказывает сильное влияние на МДС срабатывания.

Магнитодвижущие силы удержания и отпускания в основном определяются упругими и магнитными свойствами контактных пружин, используемых в герконах. Особенностью герконовых реле является то, что при коммутации значительных токов (больше 200 мА) МДС удержания и отпускания герконового реле зависят от коммутируемого тока.

Время срабатывания реле состоит из времени, необходимого на создание возбуждающего поля, и времени движения язычков до их соприкосновения. Как правило, время срабатывания герконового реле с одним герконом больше или равно 0,3 мс и зависит от постоянной времени цепи, в которой оно работает. В реле, используемых для коммутации тракта передачи в КП и комплектах, это время составляет 1—2 мс, в реле цепей управления — несколько миллисекунд, в многоконтактных реле — около 10 мс.

Время отпускания реле при отключенной цепи катушки практически не зависит от типа реле, параметров катушки и предварительного возбуждения и равно приблизительно 0,5 мс.

В герконовых реле с магнитной блокировкой внутри катушки размещается постоянный магнит. Сила его магнитного поля выбирается такой, что для замыкания контакта она недостаточна, но достаточна для удержания его в замкнутом состоянии. При прохождении через катушку постоянного тока создается электромагнитное поле, совпадающее с направлением магнитного поля постоянного магнита, и контакты замыкаются. Магнитное поле удерживает их в таком состоянии. Контакты остаются замкнутыми до подачи импульса тока в обратном направлении, который создает магнитное поле, по направлению противоположное магнитному полю магнита.

2.7.4. Ферриды

Феррид представляет собой быстродействующее герконовое реле, магнитная система которого выполнена из магнитного материала с прямоугольной петлей гистерезиса, обладающего остаточным намагничиванием, достаточным для срабатывания и удержания герконов. Импульс, поступающий в обмотку геркона, изменяет состояние намагниченности феррида, которое сохраняется и после исчезновения импульса. Различают ферриды с последовательной и параллельной структурами.

Феррид с последовательной структурой (рис. 2.54) содержит один магнитопровод (сердечник) и одну обмотку управления [25, 90], при прохождении через обмотку управления кратковременного импульса тока положительной или отрицательной полярности сердечник намагничивается и контактные пружины под действием магнитного поля замыкаются. Для размагничивания сердечника и размыкания пружин через обмотку управления пропускают им-

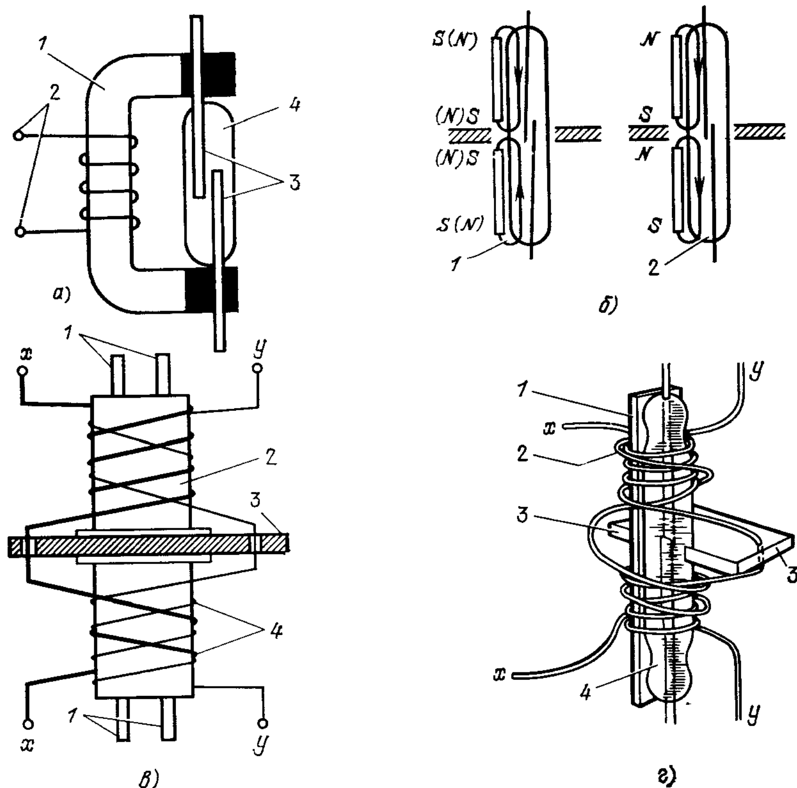


Рис. 2.54. Принцип действия последовательного феррида:

а) принцип действия феррида:

1 — сердечник; *2* — обмотка управлення; *3* — контактные пружнны; *4* — стеклянный баллон;

б) состояние намагничивания:

1 — контактные пружины разомкнуты; *2* — контактные пружины замкнуты;

в) схема включения:

1 — выводы герконов; *2* — корпус катушки; *3* — экранирующая плата (магнитный шунт); *4* — обмотки;

г) общий вид экспериментального феррида:

1 — постоянный магнит; *2* — обмоткн; *3* — экранирующая плата; *4* — стеклянный баллон

пульс тока обратной полярности, при этом ток должен быть меньше значения тока, достаточного для вторичного замыкания пластин вследствие перемагничивания сердечника.

Феррид с параллельной структурой (рис. 2.55) имеет два сердечника, образующие два параллельных магнитопровода, и две обмотки управления. Использование двух магнитопроводов снимает ограничения на величину тока выключения. Замыкание пластин обеспечивается параллельным намагничиванием сердечников, для чего в обе управляющие обмотки подают импульсы тока, одинаковые по значению и полярности, а размыкание — последовательным намагничиванием, для чего в эти же обмотки подаются одинаковые импульсы противоположной полярности. В

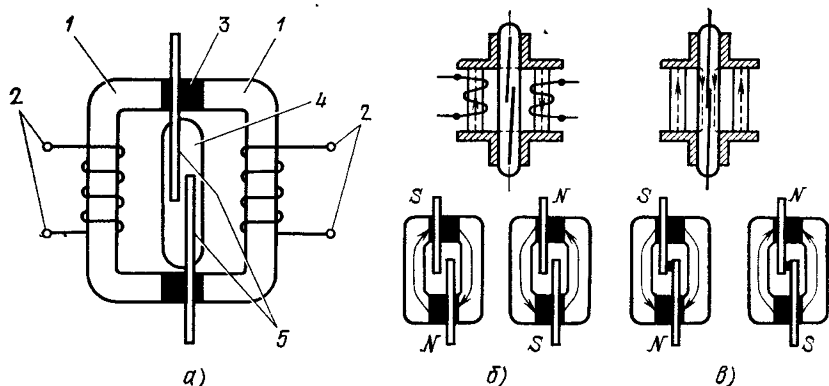


Рис. 2.55. Принцип действия параллельного феррида:

а) схема включения:

1 — сердечник; *2* — обмотка управления; *3* — полюсные наконечники; *4* — стеклянный баллон; *5* — контактные пружины;

б) состояние покоя; *в*) замкнутое состояние

параллельных ферридах ток размыкания не имеет ограничения сверху. На рисунке показаны четыре состояния намагничивания сердечников: два обеспечивают замыкание пружин (параллельное намагничивание), два — размыкание (последовательное намагничивание).

Ферриды существенно отличаются от герконовых реле с магнитной блокировкой. В реле остаточный магнитный поток постоянного магнита достаточен лишь для удержания контактных пружин замкнутыми, но не достаточен для срабатывания реле (замыкания пружин). Поэтому в герконовых реле с магнитной блокировкой возбуждение необходимо поддерживать до тех пор, пока контакты замкнутся, т. е. примерно в течение 1 мс. В ферриде, напротив, током управляется (переключается) магнитный сердечник (магнитопровод), который может быть переведен из одного состояния в другое за несколько десятков микросекунд, а для замыкания контактных пружин достаточно лишь одного остаточного намагничивания.

Одной из особенностей феррида является возможность косвенного определения его состояния по состоянию магнитной цепи. Для этого в одну обмотку сердечника подается кратковременный импульс тока, а в другой обмотке измеряется напряжение. Так как разница в скорости перемагничивания сердечника и переключении контактных пружин велика, то до изменения их состояния в случае необходимости восстанавливается первоначальное состояние магнитопровода.

Сердечники ферридов изготовляются в виде пластин из полужесткого магнитного материала (ремендюра или викаллоя) со средней коэрцитивной силой (до $16 \cdot 10^3$ А/м), намного меньшей коэрцитивной силы магнитожестких материалов (постоянных магнитов — более 10^4 А/м) и значительно большей, чем у магнитомягких материалов (немагнитов — до $1 \cdot 10^3$ А/м), остаточной ин-

дукцией до 2 Т, большим коэффициентом прямоугольности петли гистерезиса (0,95 и выше).

В коммутационных полях АТС используются ферриды с последовательной структурой, имеющие несколько обмоток. В последовательных ферридах с дифференциальным возбуждением управ-

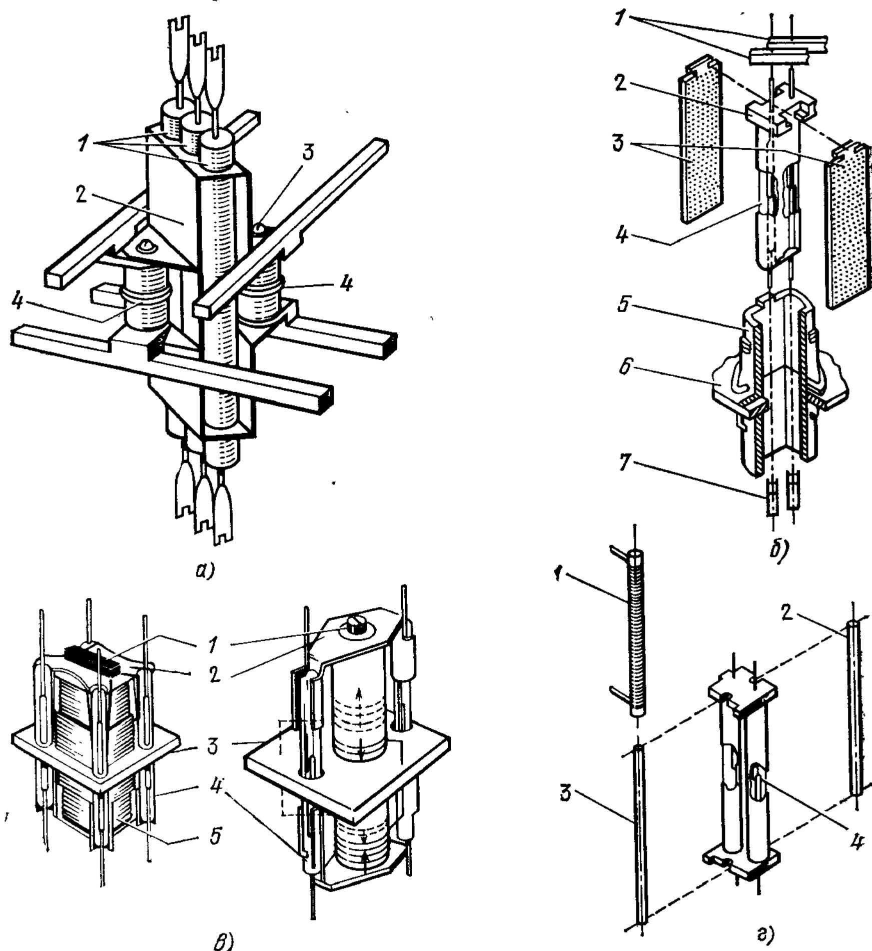


Рис. 2.56. Различные конструкции ферридов:

а) параллельный феррид фирмы LMT:

1 — герконы; *2* — магнитопровод; *3* — сердечник; *4* — обмотки;

б) последовательный феррид Bell System:

1 — горизонтальные шины; *2* — запрессованный контактный узел; *3* — ремендюровые пластины; *4* — комплект из двух герконов типа 237 В; *5* — корпус катушки; *6* — экранирующая плата; *7* — вертикальные шины;

в) последовательные ферриды, разработанные в СССР:

1 — переменный магнит; *2* — магнитопровод; *3* — экранирующая плата; *4* — герконы; *5* — обмотки;

г) феррид с контактами на размыкание:

1 — обмотка; *2* — постоянный магнит; *3* — стержень из ремендюра; *4* — герконы

Таблица 2.5. **Основные параметры многократных герконовых и гезакоиовых соединителей**

Параметр	Соединитель				
	на герконах				
	МСФ1 (СССР)	МСФ2 (СССР)	ЦМИС (СССР, ГДР)	242А (США, Белл Систем)	Франция, ЛМТ
Тип используемого геркона или гезакона	МКА-27	МКА-27	МКА-27	237В	Н-40
Емкость соединителя	8×8×2; 8×8×4	8×8×2; 8×8×4	8×4×2	8×8×2; 8×8×4	8×8×2; 8×8×4
Число соединителей на плате	1	1	1	1	2 (1)**
Число точек коммутации на плате	64	64	32	64	128 (64)
Габаритные размеры, мм	300×142×50 (300×220×50)	220×200×50	215×182×18	234×170×55 (246×234×55)	220×250×50 (220×254×50)
Объем, приходящийся на одну точку коммутации, см³	51,5	34,4	21,5	34,2 (52)	22 (44)
Соотношение витков обмоток	40 : 20	40 : 20	100 : 100	40 : 20	70 : 70
Импульс управления:					
амплитуда напряжения, В	75	65	X—135	150—200	25
амплитуда тока, А	8,0	8,0	X—3,5÷5,5 Y—1,1÷2,0	9,0	8,0
мощность, Вт	192	192	X—270	250 (450)	485
энергия, мДж	180	140		120 (140)	120
форма импульса ***	К	К	X—3П, Y—П	К	Т
длительность, мс	0,6	0,6	X—5, Y—2	—	4 и 7
Активное сопротивление обмоток, Ом	3,0	3,0	X—8,8	2,4	7,6

Окончание табл. 2.5

Параметр	Соединитель			
	на гезаконах			
	СССР	296С (США, Белл Систем)	FRC-2 (Япония, НЕК)	Япония, Фудзи-цу
Тип используемого геркона или гезакона	ГЗК-27	Ремрид 238А	Меморид RD-51	Меморид FRD-8
Емкость соединителя	8×8×2*; 8×8×4	8×8×2	8×8×2*	8×8×2; 8×8×4
Число соединителей на плате	2 (1)	2	2	2 (1)
Число точек коммутации на плате	128 (64)	128	128	128 (64)
Габаритные размеры, мм	248×204×50 (190×162×48)	269×142×42	220×193×37,5	197×107×48 (121,5×121,5×48)
Объем, приходящийся на одну точку коммутации, см³	17,5 (23)	12,3	6,3	8,0 (11,3)
Соотношение витков обмоток	80 : 46	64 : 31	120 : 73	100 : 57 (110 : 67)
Импульс управления:				
амплитуда напряжения, В	40	60—70	90	50(72)
амплитуда тока, А	3,0	4,0	1,25/0,85	1,8
мощность, Вт	150	176	63/52	72(118)
энергия, мДж	38	223	25/21	36(59)
форма импульса ***	К	К	П	П
длительность, мс	3,5	4	0,4	0,5
Активное сопротивление обмоток, Ом	17,2	11	—	22 (36,5)

* Кроме 64 двухпроводных точек коммутации на плате размещено 16 линейных реле.

** В скобках указано значение параметра четырехпроводного соединителя, если оно отличается от значения соответствующего параметра двухпроводного соединителя.

*** К колоколообразная, ЗП — знакопеременная, П — прямоугольная, Т — трапецеидальная.

ляющие обмотки x и y разделены на две части (см. рис. 2.54). Феррид устанавливается на плате из магнитомягкого материала, которая снижает влияние внешних магнитных полей. Обмотка x имеет n витков с одной стороны платы и $2n$ витков, намотанных в противоположном направлении — с другой стороны платы. Обмотка y имеет такое же число витков, но витки наматываются в обратном порядке. Для замыкания контактов необходимо в обмотки x и y подать импульсы тока одной полярности. Для размыкания контактов достаточно подать в одну из обмоток импульс той же полярности, что и для замыкания.

Известно несколько конструкций ферридов. В параллельном ферриде фирмы LMT (рис. 2.56,*а*) круглые магнитные сердечники помещаются внутри обмоток, а три геркона устанавливаются между обмотками. Последовательный феррид фирмы Bell Laboratories с контактами на замыкание имеет дифференциальное возбуждение и две обмотки, каждая из которых разделена на две секции по 18 и 39 витков, намотанных как указывалось раньше.

Построены ферриды с контактами на размыкание, называемые поляризованными или биполярными. Такой феррид получается, если в ферриде с контактами на замыкание одну из пластин ремендюра заменить стержневым постоянным магнитом, а вместо второй пластины поставить ремендюровый стержень, на который намотана обмотка управления. Под согласованным воздействием полей постоянного магнита и ремендюрового стержня герконы находятся в замкнутом состоянии. При перемагничивании ремендюрового стержня суммарный магнитный поток уменьшается и контактные пластины размыкаются. Поляризованные ферриды могут использоваться в абонентских комплектах в качестве разделительных реле.

Параметры некоторых многократных герконовых и гезаконовых соединителей приведены в табл. 2.5 [23, 30, 58, 108, 140].

Глава 3

Программное управление квазиэлектронных и электронных АТС

3.1. Принципы построения программного управления

3.1.1. Виды программного управления

В предыдущих главах были рассмотрены принципы построения коммутационных устройств. Для того чтобы эти устройства могли выполнять свои функции, ими необходимо управлять, а для управления требуется информация, указывающая цели и задачи управления.

В задачи управления входят прием информации от абонента

или другой станции о требуемом соединении, анализ принятой информации, определение категорий абонента и линии, проверка прав абонента на требуемое соединение, определение направления для установления соединения, выбор свободной линии в данном направлении, нахождение свободных путей в КП для установления соединения вызывающей линии с выбранной линией, установление соединения. Выполнение указанных задач связано с передачей сигналов различного вида. После установления соединения необходимо наблюдение за этим соединением до получения сигнала отбоя от одного из участвующих в соединении абонентов, а затем — его разрушение.

Требования к процессам управления, в отличие от требований к качеству передачи, в очень редких случаях могут быть установлены исходя из физических и физиологических особенностей человека. Как правило, они определяются возможностями используемых приборов и устройств, а также принципами построения управляющих устройств УУ.

В процессе длительной эксплуатации АТС определены следующие усредненные статистические данные о различных процессах взаимодействия абонентов с АТС, используемые при проектировании АТС:

Слушание сигнала «Ответ станции», с	3,0
Слушание сигнала «Занято», с	5,0—6,0
Слушание сигнала «Контроль посылки вызова», с:	
при ответе вызываемого абонента	10,0
при неответе вызываемого абонента	15,0
Набор одной цифры номера, с:	
с дискового телефонного аппарата	1,5
набор цифры	0,5
межсерийный интервал	1,0
с тастатурного телефонного аппарата	0,8
набор цифры	0,3
межсерийный интервал	0,5
Выдержка времени при задержке набора номера в начале и между цифрами, с	10—20
Продолжительность разговора, с	
местного с телефонного аппарата:	
квартирного	120
учрежденческого	90
таксофона	110
междугородного	180
Число попыток вызовов, сделанных абонентом с телефонного аппарата в ЧНН:	
квартирного	1,1
учрежденческого	3,5
таксофона	10,0
Доля состоявшихся разговоров от общего числа попыток вызова	0,5
Время установления соединения после набора номера, с	2,0

Некоторые данные получены исходя из сложившихся условий (состава абонентов различных категорий, процента междугородных соединений и др.). На основе этих данных определяется нагрузка на управляющие устройства АТС и рассчитывается их число. Все расчеты выполняются для часа наибольшей нагрузки

(ЧНН). В современных АТС с программным управлением, как правило, используется режим работы с ожиданием и требования к качеству обслуживания в основном рассчитываются как вероятность ожидания не свыше заданного времени.

Управляющее устройство АТС должно обработать поток вызовов, создаваемых абонентами. Этот поток определяется характером потока (эрланговский, пуассоновский и т. п.), числом абонентов, средним числом вызовов от абонента в ЧНН, средним числом импульсов в знаке, продолжительностью набора одного знака, продолжительностью импульсов и интервалов между ними.

Управляющие устройства АТС должны обеспечивать выполнение ряда логических и временны́х функций. К логическим функциям в первую очередь относится анализ набираемого номера. В результате анализа (одной, двух, трех, а иногда и большего числа первых цифр номера) определяются общее число цифр в номере, который будет набран, направление установления соединения и начало передачи цифр на встречную станцию при исходящей связи. На станциях с программным управлением широко используется пересчет номеров: кодов направлений — в номера направлений, списочных абонентских номеров — в номера мест включения линий и обратный пересчет и т. п. К временны́м функциям относятся определение длительности различных временны́х интервалов (от снятия микротелефонной трубки до начала набора номера, между набором отдельных цифр, между импульсами и пр.), отсчет тарификационных импульсов, выдача импульсов для отсчета времени и т. п. Кроме того, в управляющих устройствах АТС выполняется большое число внутренних логических и временны́х функций, необходимых для согласованной работы различных блоков управляющих устройств.

Практически все действия управляющих устройств АТС можно разделить на три группы: управление приемом и передачей линейных сигналов; обработка данных о вызовах; управление устройствами для установления соединений.

В АТСКЭ и АТСЭ используется общее регистровое (косвенное) управление. Оно может быть непрограммным, аналогичным управлению в координатных АТС, но построенным на полупроводниковых приборах, или программным. Непрограммное управление применяется только в АТС малой емкости. Программное управление во многом определяет возможности АТС. Возможны программное управление с замонтированной программой, иногда называемое управлением с замонтированной логикой, и управление с записанной (накопленной) программой. В первом случае программа работы АТС закладывается при монтаже логических устройств или фиксируется (прошивкой, выжиганием или другими средствами) в запоминающих устройствах, обеспечивающих только считывание. При изменении программы работы АТС требуется замена ЗУ. Во втором случае программа работы АТС записывается в ЗУ, обеспечивающих как запись, так и считывание. При изменении программы работы АТС требуются стирание старой

программы и введение (запись) новой. Идея управления с записанной программой была предложена в 1955 г. [106].

Одна из важнейших особенностей программного управления с записанной программой — малая зависимость программы от управляющего оборудования. Управление этого вида может быть централизованным (рис. 3.1,*а*), когда все управляющие функции сосредоточены в одном месте — центральном управляющем устройстве ЦУУ, а управляемые устройства (сканирующие устройства СУ, распределители сигналов РС, устройства управления

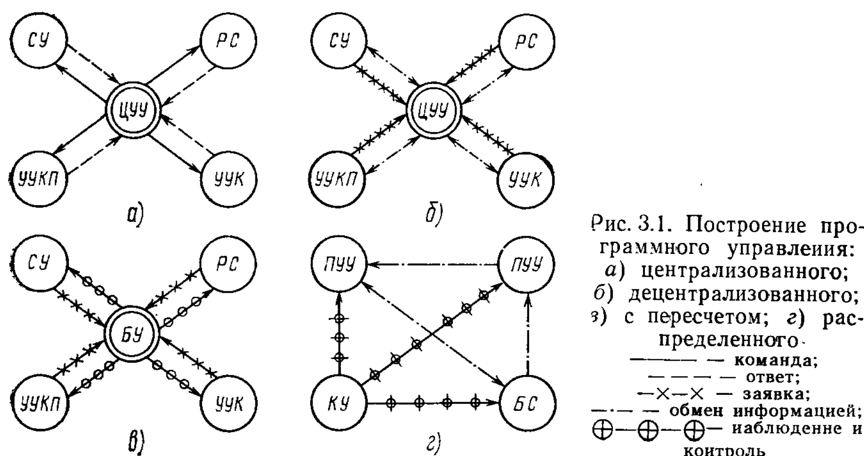


Рис. 3.1. Построение программного управления: *а*) централизованного; *б*) децентрализованного; *в*) с пересчетом; *г*) распределенного.
——— — команда;
— — — — ответ;
—×—× — заявка;
—·— — обмен информацией;
⊕—⊕—⊕— наблюдение и контроль

коммутационным полем УУКП и комплектами УУК) являются пассивными и им приданы только исполнительные функции, или децентрализованным (рис. 3.1,*б*), когда управляющие функции рассредоточены по отдельным устройствам управления (причем некоторые из этих устройств имеют и замонтированную программу), а работой их управляет ЦУУ [110]. В первом случае ЦУУ выдает команды и получает ответ об их исполнении, во втором — исполнительные устройства посылают в ЦУУ заявки на обслуживание и обмениваются с ним информацией.

Управление с пересчетом (преобразованием) операций является разновидностью программного управления, при котором имеется специальный преобразователь операций (блок управления — БУ), обеспечивающий выполнение специальных операций управления на основе данных, записанных в ЗУ (рис. 3.1,*в*). В указанном преобразователе записаны макропоследовательности процессов управления. Получая из ЗУ данные, преобразователь по заявкам исполнительных устройств выдает в устройства управления макрокоманды.

В последние годы стали применять новый способ управления, получивший название распределенного (рис. 3.1,*г*). При этом способе периферийные управляющие устройства ПУУ и другие блоки управления являются активными и обмениваются информа-

цией непосредственно друг с другом по общей системе шин. Работу всех блоков координирует общее координирующее устройство КУ через блоки согласования БС. Управляющие устройства при распределенном управлении строятся с замонтированной логикой или замонтированными программами. Распределенное управление можно рассматривать как децентрализованную многопроцессорную систему. Реальная возможность создания АТС с таким управлением открылась в связи с выпуском больших интегральных схем и микропроцессоров МП, и поэтому область его применения окончательно еще не определена.

Управление с записанной программой используется в АТС, в которых предполагаются в дальнейшем в процессе эксплуатации значительные изменения или введения новых категорий абонентов, видов обслуживания, направлений и видов связи. Это относится в первую очередь к учрежденческо-производственным АТС большой емкости и станциям телефонной сети общего пользования. На тех станциях, где обеспечиваются только основные виды телефонной связи и не предполагаются большие и частые изменения, целесообразно управление с преобразованием функций или даже управление с замонтированной программой.

При создании АТСЭ с импульсно-временны́м разделением каналов было предпринято много попыток построить устройства управления на основе импульсно-временно́го разделения каналов. Был создан ряд сложных управляющих устройств, работающих на основе импульсно-временно́го разделения каналов, но эти устройства не получили практического применения. Практически для управления АТСКЭ и АТСЭ с коммутационными полями различного вида используются одинаковые центральные управляющие устройства — электронные управляющие машины ЭУМ, которые более правильно называть управляющими комплексами и рассматривать как часть оборудования АТС, а не как ЭВМ. Периферийные управляющие устройства в АТСКЭ и АТСЭ с временны́м КП отличаются только исполнительными частями.

3.1.2. Централизованное управление

При централизованном программном управлении основным управляющим устройством является цифровой управляющий комплекс, который системой шин и каналов связан с управляющими устройствами периферийных телефонных блоков (КП, линейных и станционных комплектов, передатчиков, приемников) и периферийными (внешними) устройствами самого комплекса (внешними ЗУ, печатающими устройствами, телетайпами и т. п.).

На начальных этапах разработки АТС с программным управлением в качестве управляющих комплексов АТС пытались использовать модифицированные ЭВМ общего назначения. Однако опыт показал, что эти машины не удовлетворяют технико-экономическим требованиям, предъявляемым к управляющим устройствам АТС. В связи с этим были созданы специализированные

ЭУМ, приспособленные к условиям работы коммутационной техники. Поскольку машина должна обслуживать большое число входов и выходов без заметной задержки, необходимо, чтобы она работала в реальном времени. А так как информация на входы АТС с линий поступает довольно медленно, то целесообразна работа с разделением во времени, при которой одно быстродействующее устройство обслуживает поочередно большое число входов. В этом случае достигается экономичное построение управляющих устройств.

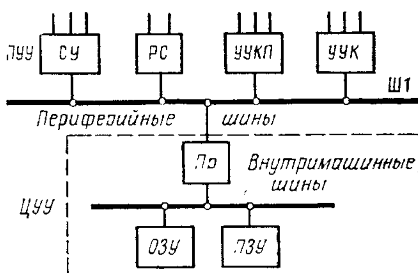


Рис. 3.2. Централизованное программное управление

Электронная управляющая машина состоит из процессора Пр (рис. 3.2), оперативного запоминающего устройства ОЗУ и программного запоминающего устройства ПЗУ.

Процессор управляет всеми блоками ЭУМ, производит логические и арифметические операции, принимает решения. Обмен информацией между периферийными блоками и устройствами ЭУМ осуществляется через процессор [8].

Оперативное ЗУ предназначено для записи, хранения и считывания информации, необходимой в процессе установления соединений. В ОЗУ, как правило, при установлении соединения записываются номера вызывающего абонента, категория линии, набираемый номер вызываемого абонента и информация, вырабатываемая процессором в период обработки вызовов (номера текущих регистров, различные очереди, номера занимаемых комплектов и т. п.). В ранее разработанных АТС с программным управлением для ОЗУ использовались ферритовые ЗУ. В настоящее время широко применяются полупроводниковые ЗУ.

В программном ЗУ хранятся программы работы станции и данные об абонентах, абонентских линиях, таблицы пересчета кодов и т. п. Обычно ПЗУ является полупостоянным. Запись информации в него производится заранее. В процессе работы АТС в нем осуществляется только считывание. До настоящего времени в качестве ПЗУ использовались ЗУ на различных полупостоянных носителях (твисторные, на магнитных пластинах, индуктивные и др.), а также на ферритовых сердечниках. Сейчас в качестве ПЗУ применяются полупроводниковые ЗУ.

В связи с использованием для ОЗУ и ПЗУ однотипных полупроводниковых ЗУ наметилась тенденция объединения их в одно общее запоминающее устройство, называемое основным ЗУ. При этом в нем выделяются массивы для ОЗУ и ПЗУ. В массиве ПЗУ записывают только основные программы. Вспомогательные программы хранят во внешних ЗУ. В случае необходимости их переписывают в основное ЗУ.

Процессор и ЗУ составляют центральное управляющее устройство ЦУУ. Связь процессора с ЗУ осуществляется через систему внутримашинных шин.

В состав периферийных управляющих устройств ПУУ входят сканирующие устройства СУ, распределители сигналов РС и устройства управления приборами КП УУКП и комплектами УУК. Медленнодействующие сканирующие устройства воспринимают изменения состояния линий и комплектов, а быстродействующие — состояния приемников и передатчиков и передают информацию об этом в процессор. Распределители сигналов по командам из процессора выдают сигналы адресации в комплекты, линии и устройства управления. Устройства управления КП и комплектами по командам процессора включают и выключают приборы КП и комплектов. Периферийные управляющие устройства обеспечивают связь ЦУУ, работающего с сигналами низкого уровня (милливольты) и большой скоростью (время выполнения отдельных команд — микросекунды или доли микросекунды) с КП и комплектами, работающими с сигналами более высокого уровня (вольты) и значительно меньшей скоростью (миллисекунды и даже десятые доли секунды).

Внешние устройства — это приборы, обеспечивающие общение обслуживающего персонала (операторов) с управляющим комплексом и внешними ЗУ. Для связи с управляющим комплексом используются телетайпы, различные пульты, дисплеи. В качестве внешних запоминающих устройств используются магнитные диски, блоки магнитных лент, магнитные барабаны.

Важное значение для эффективной структурной организации ЦУУ имеет обеспечение надежности его работы. Непрерывность работы АТС не может находиться в полной зависимости от надежности работы какого-либо устройства. Поэтому необходимо, чтобы все общие устройства управления, по крайней мере, дублировались и чтобы АТС могла продолжать обслуживание нагрузки при отключении одного из этих устройств в течение ограниченного периода времени, необходимого для контроля или ремонта.

Централизованное программное управление разделяется на двухмашинное и многопроцессорное. При двухмашинном управлении возможна работа в режимах микросинхронизации без разделения нагрузки и с разделением нагрузки. В первом случае ЦУУ состоит из двух машин, которые работают параллельно в режиме микросинхронизации без разделения нагрузки (рис. 3.3). Обработку всех вызовов ведут обе машины, сравнивая результаты в контрольных точках, а управляет исполнительными устройствами одна — рабочая ЭУМ. Обе ЭУМ системами шин $Ш1_0$ и $Ш1_1$ связаны с КП через устройство переключения УП. Между двумя ЭУМ включаются устройства выработки сигналов прерывания программы УПП, взаимной проверки УВП и обмена информацией УОИ. Таким образом, вся нагрузка обслуживается одной маши-

ной, а вторая, работая параллельно, является резервной. При повреждении одной ЭУМ вызовы обрабатывает другая машина. Поэтому каждая ЭУМ, а точнее, ее процессор должен быть рассчи-

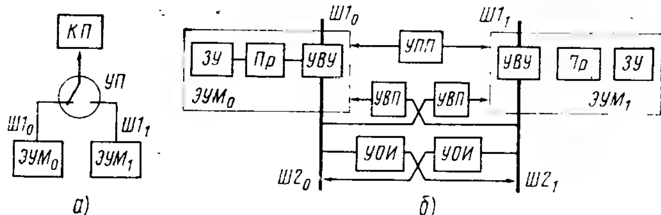


Рис. 3.3. Двухмашинная система управления с микросинхронизацией:
а) принцип подключения ЭУМ; *б*) взаимосвязь ЭУМ

тан на обслуживание в ЧНН всей телефонной нагрузки и иметь соответствующее быстродействие. Иногда для уменьшения загрузки процессора, в данном случае называемого центральным, и увеличения числа обрабатываемых вызовов в систему вводится специальный (сигнальный) процессор СП, называемый иногда предпроцессором, который следит за состоянием линий и комплектов и проводит обработку информации (сигналов), поступающей с линий и передаваемой по линии (рис. 3.4).

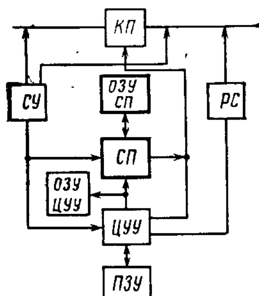


Рис. 3.4. Централизованное управление с сигнальным процессором

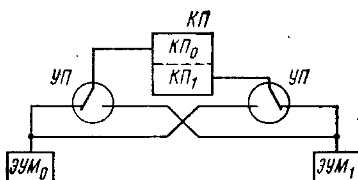


Рис. 3.5. Двухмашинная система управления с разделением нагрузки

Для уменьшения быстродействия процессора в двухмашинной системе используют режим работы процессоров с разделением нагрузки (рис. 3.5). В этом случае обе ЭУМ также работают параллельно, но каждая обрабатывает только часть нагрузки, обычно половину. При повреждении одной ЭУМ вторая обслуживает всю нагрузку с заранее установленным ухудшением качества. В данном случае и коммутационное поле должно быть разделено на две части.

Обычно процессоры ЭУМ строятся таким образом, что они могут работать как в режиме микросинхронизации без разделения нагрузки, так и в режиме с разделением нагрузки.

При многопроцессорном управлении (рис. 3.6) работой станции управляет несколько процессоров, которые могут работать

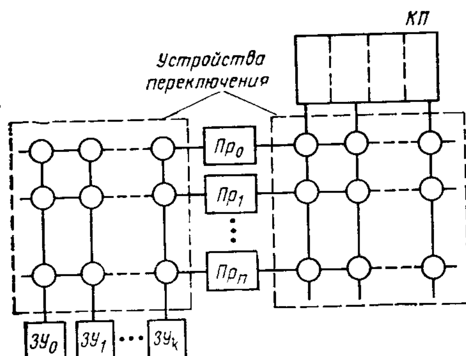


Рис. 3.6. Многопроцессорная система управления

или в режиме разделения нагрузки, когда каждый процессор обслуживает часть нагрузки и осуществляет все функции управления, или в режиме разделения функций, когда используются специализированные процессоры, выполняющие только определенные функции, и в процессе обработки вызова процесс установления соединения выполняется поочередно несколькими процессорами. При всех рассмотренных способах управления процессоры могут иметь доступ к ЗУ не только своей, но и другой ЭУМ, при этом обеспечивается приоритетность доступа. Устройства переключения во всех случаях достаточно сложные.

3.1.3. Децентрализованное управление

При централизованном программном управлении с увеличением емкости АТС быстро увеличивается объем ЗУ, приходящихся на одного абонента (от 50 байт при емкости АТС в 1000 номеров до 500 байт при емкости АТС в 100 000 номеров), требуемая скорость выполнения команды (от 100 мкс при 1000 номеров до 1 мкс при 100 000 номеров) и объем передаваемой от ЦУУ к периферийным телефонным устройствам информации (в зависимости от степени централизации управления этот объем составляет от 1—10 кбит/с при емкости станции 1000 номеров до 10—1000 кбит/с при емкости 10 000 номеров). Кроме того, концентрация управления приводит к повышенным требованиям по надежности управляющих устройств.

В настоящее время в связи с широким распространением БИС и микропроцессоров наметилась тенденция отказа от использования высокоцентрализованного управления с высокопроизводительными ЭУМ и централизованными ЗУ большой емкости и стремление к децентрализованному управлению, когда активным периферийным управляющим устройствам придаются микропроцессоры и ЗУ. При этом могут быть исключены буферные устройства (регистры) и шины доведены непосредственно до ПУУ. Микропроцессоры ПУУ по существу выполняют роль предпроцессоров (сигнальных процессоров) и им передаются следующие функции: сканирование с целью определения состояния линий и комплектов, определение изменений, обработка сигналов. Процессор ЭУМ в данном случае осуществляет координацию всех действий ПУУ, обработку вызовов, пересчет, эксплуатационные и административные функции. Децентрализация в значительной мере упрощает программное обеспечение АТС.

При децентрализованном управлении ПУУ строятся или по функциональному, или по модульному принципу. При функциональном принципе (рис. 3.7,*а*) каждое ПУУ выполняет определенные функции, например сканирование, передачу сигналов и обслуживает несколько блоков. При модульном принципе (рис. 3.7,*б*)

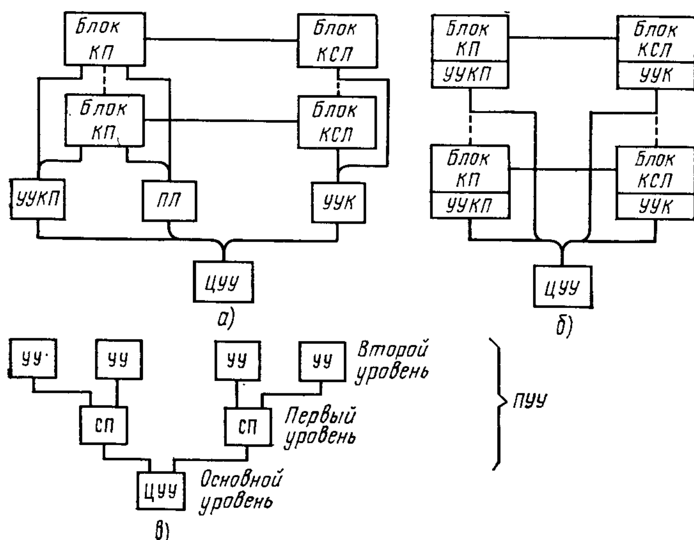


Рис. 3.7. Построение ПУУ при децентрализованном управлении по принципу:
а) функциональному; *б*) модульному; *в*) иерархическому

одно ПУУ обслуживает один определенный блок, например КП. Часто используют сочетание обоих принципов. Уменьшение стоимости БИС и микропроцессоров позволяют использовать их для обслуживания блоков малой емкости. При этом периферийные устройства строятся по иерархическому принципу и поочередно обрабатывают информацию для передачи ее в процессор (рис. 3.7,*в*).

Децентрализованное управление не исключает главной роли ЦУУ в выполнении всех задач коммутации и управления, но оно в данном случае получает уже предварительно обработанную информацию и тратит на ее дальнейшую обработку значительно меньше времени. Это дает возможность увеличить интервалы между прерываниями и, следовательно, уменьшить число прерываний, что в свою очередь увеличивает производительность системы и упрощает программирование.

При децентрализованном управлении, как правило, обеспечивается непосредственная связь ЦУУ с каждым ПУУ. Если ПУУ располагаются близко к ЦУУ, последнее может иметь либо непосредственный доступ к ЗУ периферийных устройств, либо через буферные устройства. При значительных расстояниях между ЦУУ и ПУУ связь организуется через устройства ввода — вывода.

Обработка сигналов (прием номера, передача) осуществляется специальными устройствами (приемниками, передатчиками), которые либо разбиваются на группы и каждая группа придается блокам комплектов или КП, либо являются общими для всей станции.

3.1.4. Распределенное управление

Распределенное управление — принципиально новый вид управления, позволяющий создать новую систему связи, в которой практически нет коммутации в обычном смысле. Хотя структурная схема такого управления (см. рис. 3.1,*г*) очень похожа на структурные схемы других видов управления, однако принцип действия устройств совершенно иной. Каждый телефонный блок ТБ и блоки другого оборудования содержат активные ПУУ (возможно с микропроцессорами), которые через устройства связи с последовательной передачей $УС_{п.с}$ подключаются к шинам (рис. 3.8). Координирующее устройство КУ и общее ЗУ подключаются

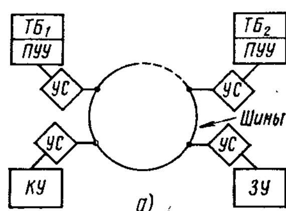
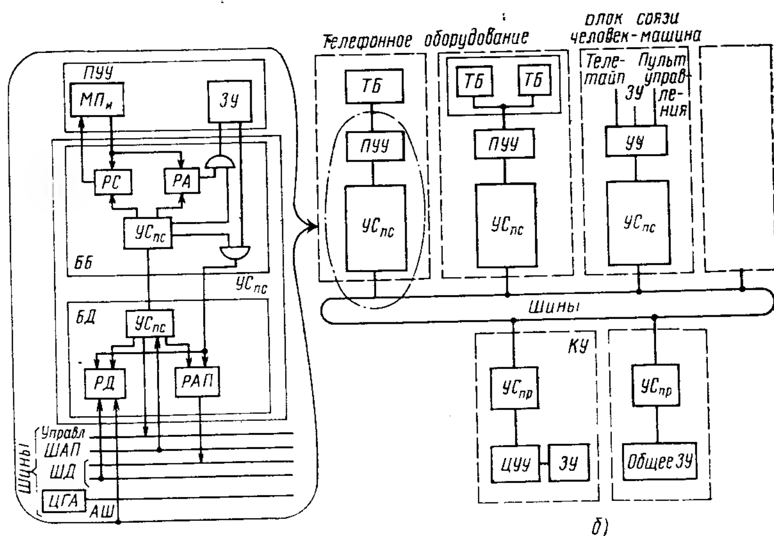


Рис. 3.8. Построение оборудования при распределенной системе управления:

а) принцип построения; *б*) структурная схема



к этим шинам через устройства связи с параллельной передачей $УС_{пр}$. Устройство связи с последовательной передачей на ближнем (со стороны ПУУ) и дальнем (около шин) концах имеет согла-

сующие блоки ББ и БД соответственно. Все устройства фактически равноправные. Система шин имеет сложную структуру и включает адресные шины источника, адресные шины получателя, шины данных и шины управления.

Принцип работы системы заключается в следующем. Все управляющие устройства обмениваются друг с другом информацией в виде пакетов. Каждый пакет информации имеет метку и может содержать различное число слов. В метке указываются адрес получателя и источника, уровень прерывания адресата и источника и число слов в пакете. Информационный блок формируется процессором источника $МП_и$. Он вводит метки и данные в регистр счета слов РС и регистр начального адреса РА, по которому пакет хранится в ЗУ. Управляющее устройство источника передает в шины пакет информации. На дальнем конце БД из метки извлекается адрес получателя и вводится в регистр адреса получателя РАП, а остальная информация — в регистр данных РД. После окончания передачи соответствующий сигнал передается в микропроцессор и на дальний конец. На дальнем конце циклический генератор адресов ЦГА поочередно обходит (опрашивает) через адресные шины АШ все БД и в случае совпадения адреса ЦГА с переданным адресом получателя данные из РД считываются на шину данных ШД, а содержимое РАП — на шину адреса получателя ШАП. С шин информация поступает в БД получателя. Принимаются специальные меры защиты (сравнение уровней прерывания, сигналы по шинам управления), чтобы прием и передача информации были надежны. После передачи каждого пакета передается сигнал подтверждения приема.

Коммутация в телефонном блоке ТБ осуществляется под управлением своего ПУУ. При необходимости связи с линией другого ТБ информация передается только что рассмотренным способом. Данные о межблочных связях извлекаются из общего ЗУ аналогичным способом, но для ускорения обмена информация на шины из общего ЗУ передается параллельным способом. Блок связи человек — машина позволяет проверить все другие блоки. Связь его с шинами осуществляется аналогично связи ТБ через $УС_{п.с}$.

Особо следует рассмотреть блок координирующего устройства КУ. Как следует из вышеизложенного, КУ не принимало участия в установлении соединения между двумя блоками ТБ, т. е., и это существенно важно, его нельзя рассматривать как блок центрального управления. Роль КУ сведена к контролю за правильностью обмена в шинах и диагностике. Блок связи человек — машина располагается в месте, удобном для обслуживания, а блок КУ и общее ЗУ — таким образом, чтобы уменьшить общую длину шин. Объем и расположение ТБ определяются скоростью передачи информации в $УС_{п.с}$, а общий объем системы — скоростью передачи на шинах. Так, в системе [29] ЦГА каждые 62,5 мкс обегает 128 входов — выходов шин. Следовательно, максимальное быстродей-

ствие системы равно 32 Мбит (16 бит×128 входов — выходов/62,5 мкс). Практически возможно включение до 100 ПУУ, причем одно ПУУ способно управлять одним или несколькими ТБ. В $УС_{п.с}$ скорость передачи равна 125 кбит/с и определялась в основном требованиями магнитного диска. Распределенная система управления может использоваться, например, в так называемых кольцевых системах связи.

Основы построения программного управления на узлах коммутации изложены в [33].

3.2. Центральные управляющие устройства

3.2.1. Принципы построения центральных управляющих устройств

К центральным управляющим устройствам относятся электронные управляющие машины, содержащие процессоры, микропроцессоры, ЗУ и устройства связи — шины и каналы.

Электронная управляющая машина работает по программе, которая хранится в ЗУ. Любая программа состоит из набора

Таблица 3.1. **Список команд ЭУМ**

Тип операции	Сокращенное наименование команды (мнемокод)	Полное наименование команды
Арифметические	СУМ	Суммирование
	ВЫЧ	Вычитание
	ПРК	Пропуск
Логические	ЛОИ	Логическое И
	ИЛИ	Исключающее ИЛИ
Сдвиг	ЛСЛ	Логический сдвиг влево
	ЛСП	Логический сдвиг вправо
	ЛПЛ	Логический поворот влево
	ЛПП	Логический поворот вправо
	АСЛ	Арифметический сдвиг влево
	АСП	Арифметический сдвиг вправо
	ДСЛ	Длинный логический сдвиг влево
	ДСП	Длинный логический сдвиг вправо
	ДПЛ	Длинный поворот влево
	ДПП	Длинный поворот вправо
	ДАЛ	Длинный арифметический сдвиг влево
Ввод	ВРА	Ввод в регистр А
	ОРА	Обмен между ЗУ и регистром А
	ОАБ	Обмен между регистрами А и В
	ОЧА	Очистить регистр А
	ЗРА	Запомнить содержимое регистра А в ЗУ
	ЗРХ	Загрузить регистр Х

команд (табл. 3.1) [4]. В простейшем случае команда представляет собой машинное слово, состоящее из кода операции КО (операционная часть команды), указывающего на характер действия, которое должно быть выполнено по этой команде, и адресов А операндов (адресная часть команды), над которыми эти действия производятся (рис. 3.9,*а*). В современных ЭУМ используются в основном слова длиной 16 бит на АТС малой и средней емкостей и 32 бита на АТС большой емкости. В зависимости от содержащегося числа адресов команды могут быть одно-, двух и трехадресными. В управляющих устройствах АТС, как правило, работают с одно- и двухадресными командами.

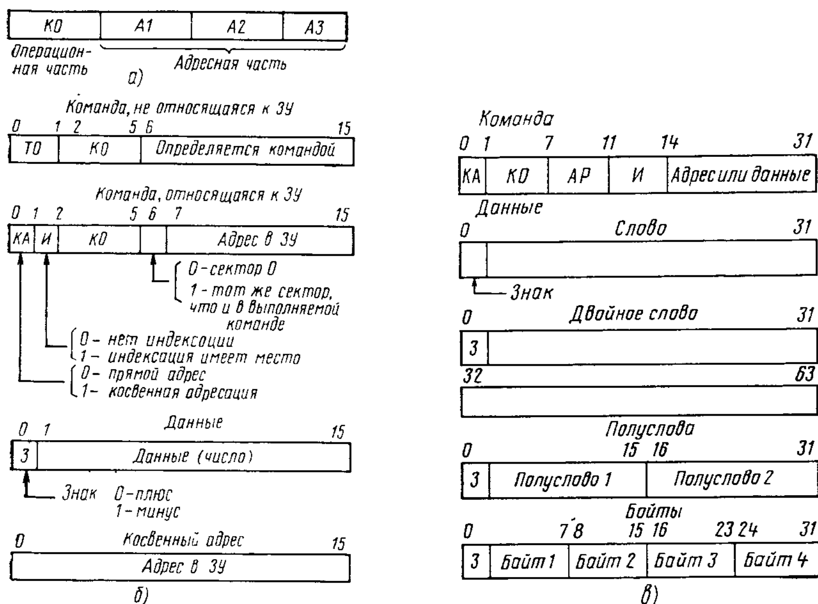


Рис. 3.9. Форматы, используемые в ЭУМ:
а) принцип построения команды; *б*) 16-битовые форматы; *в*) 32-битовые форматы

Ячейки ЗУ, в которых хранятся команды и данные, нумеруются двоичными числами. Процессор записывает или считывает информацию по номеру ячейки. Этот номер называют абсолютным адресом ячейки. В команде абсолютный адрес ячейки задается несколькими способами в операционной или в адресной части команды. Используются явная, неявная, непосредственная, прямая, косвенная, относительная адресации и адресация с индексацией. В одной и той же ЭУМ возможно использование нескольких способов адресации, что позволяет уменьшить объем программы и емкость ЗУ. Для хранения адресов при косвенной и относитель-

ной адресациях в процессор вводятся специальные буферные регистры, а для индексации — индексные регистры.

Все команды и данные передаются в виде различных форматов. Различают команды, относящиеся и не относящиеся к ЗУ (рис. 3.9,*б*). В первых указывается, есть или нет косвенной адресации КА и индексация И, сектор ЗУ, а также порядок индексации. Если на первом и втором местах (КА и И) находится 1, то индексация делается после косвенной адресации. В одной и той же ЭУМ форматы могут иметь различную длину, но обычно длина формата выбирается кратной длине слова или его части, а также кратной байту (8 бит) (рис. 3.9,*в*). При работе с ЗУ для обеспечения надежности передачи и хранения информации в формат вводятся один или два бита для проверки на четность.

Для обслуживания большого числа входов ЭУМ работает с разделением во времени (рис. 3.10). Поскольку разные этапы обработки вызовов и выполнения других программ требуют различной срочности, то в ЭУМ организуется система прерывания с приоритетами. Например, прием набора номера от декадно-шаговых АТС требует большей срочности обработки (большего приоритета), так как возможна потеря первых импульсов набора. Программы сканирования состояния линий не требуют большой срочности и могут выполняться с малым приоритетом. В ЭУМ число уровней прерывания достигает 16.

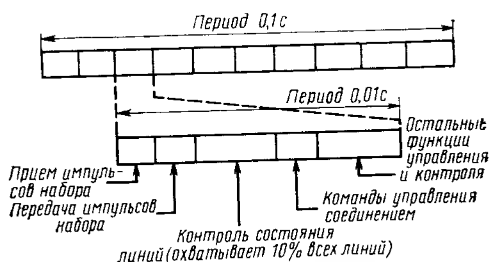


Рис. 3.10. Принцип работы ЭУМ с разделением во времени

При поступлении сигнала прерывания осуществляемая в данный момент программа доводится до определенного этапа и ее выполнение приостанавливается. На момент прерывания в процессоре ЭУМ могут находиться определенные данные, необходимые для дальнейшего выполнения программы. Поэтому фиксируется вся информация, относящаяся к данной программе. Эта запись образует слово состояния программы, которое записывается или в ЗУ, и его адрес запоминается, или в специальном регистре. В современных ЭУМ для этих целей вводится несколько регистров, называемых стековыми. Имеется два типа стеков — прямой («последним пришел — первым ушел») и обратный («первым пришел — первым ушел»). Как правило, используется прямой стек.

Стеки часто рассматриваются как программные структуры. После окончания прерывания процессор возвращается к выполнению прерванной программы. Возврат к текущей последовательности команд происходит по команде возврата. Стек выдает адреса возврата подпрограмм в порядке, обратном их занесению, т. е. в соответствии с принципом «первым пришел — последним ушел».

Такой стек может использовать либо специальный набор регистров ЦП (аппаратный стек), либо выделенную область основной памяти (программный стек). В последнем случае обращение к стеку производится через его указатель, представляющий собой регистр адресации стека. Программный стек позволяет увеличивать глубину вхождения подпрограмм (глубина стека определяется числом вложенных подпрограмм), а аппаратный стек существенно повышает быстродействие их обработки. Управляет системой прерывания специальная программа, называемая диспетчером или супервизором прерывания.

Важным параметром, характеризующим ЭУМ, является ее производительность, под которой понимается усредненное число вызовов, обслуживаемых ЭУМ за час. Это в конечном итоге определяет емкость АТС, которую может обслужить ЭУМ. (Для обработки разных вызовов требуется различное число команд и, следовательно, различное время, поэтому число вызовов усредняется.) Производительность ЭУМ зависит от быстродействия процессора, ЗУ и каналов связи, а также от типов ПУУ и распределения функций между ПУУ и ЦУУ. Большое влияние на производительность ЭУМ оказывает качество программного обеспечения. Быстродействие процессора, ЗУ и каналов определяется элементной базой и способами связи (параллельный, последовательный).

Принципы работы и построения ЭУМ в основном аналогичны принципам работы универсальных ЭВМ. Для начального ознакомления с работой ЭВМ можно рекомендовать [66], а с работой ЭУМ — [1].

3.2.2. Процессоры

Принцип построения процессора рассмотрим на примере процессора, работающего с форматами, показанными на рис. 3.9,*б* [114]. Структура процессора (рис. 3.11) упрощена, а связь между отдельными устройствами показана условно, в действительности она осуществляется через систему шин. Процессор содержит блок управления БУ, устройства управления вводом — выводом УВВ, арифметический блок АБ и устройство прерывания программ УПП. К ЗУ процессор имеет прямой доступ. Цикл ЗУ 1 мкс, а время доступа — около 0,4 мкс. Емкость ЗУ 65 536 слов.

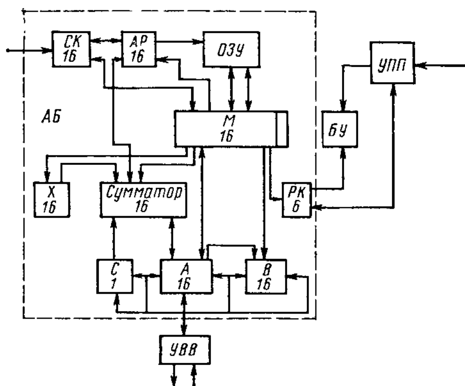


Рис. 3.11. Упрощенная схема процессора

Блок управления определяет последовательность работы процессора. Импульсные гене-

раторы БУ задают временные интервалы, в течение которых различные устройства процессора выполняют свои действия. Кроме того, в БУ имеются вентильные схемы, обеспечивающие подачу временных меток к устройствам.

Вводно-выводные устройства процессора представляют собой набор шин и устройств, связанных с этими шинами. К вводно-выводным устройствам относятся:

входные и выходные шины (16 входных и 16 выходных линий) для связи с периферийными блоками;

адресные шины, содержащие десять линий, шесть из которых используются для передачи адресов специальных устройств, а остальные — для передачи кода операции;

шины прерывания (восемь линий), по которым периферийные устройства прерывают основную программу;

шины управления (шесть или восемь линий), используемые для связи между процессором и периферийными устройствами;

канал для обмена информацией между двумя процессорами.

Арифметический блок состоит из сумматора, набора регистров и счетчика команд СК.

Все логические операции (суммирование, сдвиг и т. д.) осуществляются сумматором и регистром А, содержащим 16 двоичных разрядов (на рисунке число разрядов указано под названием устройства). В этом же регистре хранятся результаты выполненной операции. Если данные содержат более 16 двоичных разрядов, то к регистру А подключается дополнительный регистр В. С регистром А связан регистр переполнения С емкостью 1 бит. В регистр С информация записывается в том случае, если переполнен регистр А.

Процессор связан с ЗУ через запоминающий регистр М, который выполняет роль буферного. В этом регистре накапливается информация, которая считывается из ЗУ или записывается в ЗУ. Регистры А и М тесно взаимодействуют в процессе выполнения операций суммирования, вычитания и изменения данных.

Адрес выполняемой команды хранится в адресном регистре АР емкостью 16 бит. В этом регистре может быть записан адрес любого из 65 536 (2^{16}) слов, хранимых в ЗУ. Адрес выполняемой команды в адресный регистр поступает из счетчика команд СК, в котором хранится адрес следующей команды. Обычно СК, подготавливая следующую команду после выполнения текущей, увеличивает отсчет на единицу. В некоторых случаях счетчик команд делает дополнительные отсчеты.

Для изменения команд (модификации) предусмотрен индексный регистр Х, в котором хранится константа, добавляемая к содержимому адресного регистра в соответствии с содержащимся в текущей команде указанием.

Операции по выполнению команды обычно требуют одного-трех машинных циклов (фаз). Длительность машинного цикла определяется циклом ЗУ, т. е. равна 1 мкс. Каждая последующая

фаза подготавливается предыдущей в соответствии с реализуемой командой. Фаза делится на четыре-пять элементарных временных интервалов. При выполнении текущей команды код следующей накапливается в регистр команд РК, содержащем 6 бит, два из которых предназначены для указания индексации или косвенной адресации. Хотя в процессоре всегда используется слово длиной 16 бит, структура этого слова зависит от передаваемой информации. Различают три основных формата слова: данные (число), косвенный адрес и команда (см. рис. 3.9,*б*).

Устройство прерывания программы обеспечивает работу системы прерывания, состоящей из восьми уровней. Каждый уровень прерывания может быть разрешен или запрещен программой. С помощью сигналов прерывания периферийные устройства могут прерывать текущую программу и возбуждать начало другой программы. Кроме того, прерывание может быть осуществлено программами, управляющими работой выходных устройств.

В связи со значительным снижением стоимости полупроводниковых приборов и созданием БИС разработаны универсальные процессоры, предназначенные для обслуживания коммутационных центров связи различного вида: телефонной, телеграфной, передачи данных [73, 133, 134, 143]. В этих процессорах в отличие от процессоров ЭВМ общего назначения усовершенствованы программная и аппаратная части.

В программах широко применяется прерывание. Для упрощения работы системы прерывания используются стеки. При работе с полями данных с целью упрощения операций преобразования вводятся операции маскирования, поворота, сдвига и циклического сдвига.

При обработке вызовов применяются как поразрядная обработка, так и операции над группой разрядов, например нахождение самой правой единицы. Широко используются логические операции (булевы операции); введены сложные системы адресации: косвенная, относительная и адресация с индексацией; применяется микропрограммирование, позволяющее осуществлять эмуляцию программ и обеспечивающее повышение эффективности программ за счет объединения команд в микропрограмму.

В аппаратной части применяются универсальные регистры (до 16 регистров), используемые в качестве сумматоров, индексных регистров, регистров ввода — вывода, стековых регистров, а также стековые ЗУ.

Структурная схема универсального процессора представлена на рис. 3.12 [134]. Необходимо отметить следующее: связь с управляемым объектом осуществляет не через шины, а через мультиплексорные и селекторные каналы; предусмотрена возможность обмена информацией с другими ЭВМ или устройствами по линиям связи с обычной и высокой скоростями передачи, к процессору может быть подключен большой набор различных внешних устройств.

Процессоры, обслуживающие АТС одной системы, как правило, разрабатываются совместимыми на трех уровнях: системном, программном и аппаратном [84, 129, 133]. Такую же совмести-

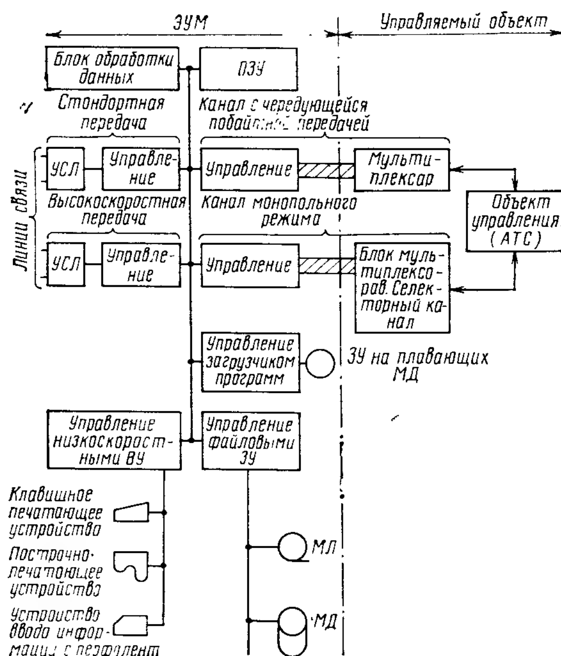


Рис. 3.12. Структурная схема современного процессора для устройства связи

мость стараются обеспечить и при создании новых ЭУМ или их модернизации для уже разработанных систем АТС. На системном уровне устанавливается одинаковый порядок работы всех ЭУМ с тем, чтобы существующая ЭУМ могла быть заменена новой без переделок на АТС. На программном уровне достигается совместимость операционных программ, а следовательно, типов команд и форматов, но могут быть изменены диагностические программы для проверки ЭУМ.

3.2.3. Микропроцессоры

В настоящее время нет четких определений для микропроцессора и микро-ЭВМ. Иерархия микропроцессорных средств представляется следующим образом (рис. 3.13). Основой всей микропроцессорной техники являются большие интегральные схемы, на которых строятся логические БИС, оперативные и программные ЗУ на БИС. Из этих трех БИС разрабатываются специально для построения микропроцессоров микропроцессорные БИС или совокупность (семейство) совместимых микропроцессорных БИС.

Микропроцессор МП строится либо на одной логической БИС, либо на логической БИС в сочетании с ЗУ на БИС. Таким образом, микропроцессором может быть названо функционально законченное устройство программной обработки информации, реализованное на одной БИС или в виде сочетания, содержащего основные БИС обработки и местной памяти, а также элементы взаимосвязи.

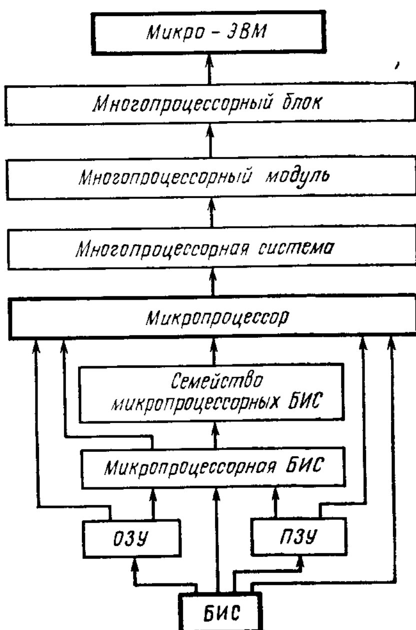


Рис. 3.13. Иерархия микропроцессорных средств

Микропроцессорная система — система, построенная на центральном МП и других МП и БИС. Функционально законченную и конструктивно оформленную (как правило, на плате) микропроцессорную систему называют микропроцессорным модулем. Микропроцессорные модули собираются в микропроцессорные блоки, сочетание которых образует микро-ЭВМ.

Основные достоинства микропроцессоров: низкая стоимость, малые габаритные размеры, малая потребляемая мощность, гибкость применения (программируемость). Преимущества МП по сравнению со специализированными устройствами на интегральных схемах ИС проявляются при следующих условиях: номенклатура ИС, необходимых для построения данного устройства, превышает несколько десятков наименований; важны гибкость и расширяемость системы; реализуемые логические функции отличаются сложностью; необходимо несколько режимов работы системы; необходимы арифметические вычисления; требования высокого быстродействия не являются решающими.

Типичная структура центрального МП показана на рис. 3.14. Блок декодирования и управления в МП может быть непрограммным, либо построенным на программируемых логических матрицах, либо иметь микропрограммное управление.

Основное назначение регистров в МП — сокращение числа обращений к памяти. Регистры выполняют следующие функции:

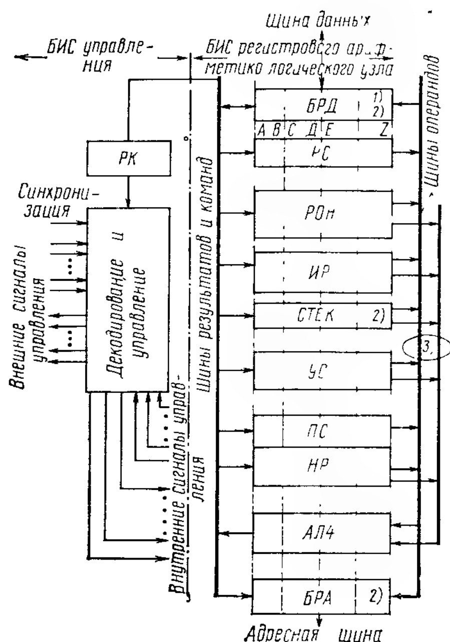
БРД (буферный регистр данных) хранит данные;

БРА (буферный регистр адреса) хранит адрес;

РОН (регистр общего назначения) хранит промежуточные результаты, является адресным регистром внешних устройств, передает управление при ветвлениях программы, выполняет функции других регистров;

РС (регистр состояния) указывает состояние центрального МП или внешних устройств;

ИР (индексный регистр) хранит базовые адреса массивов;



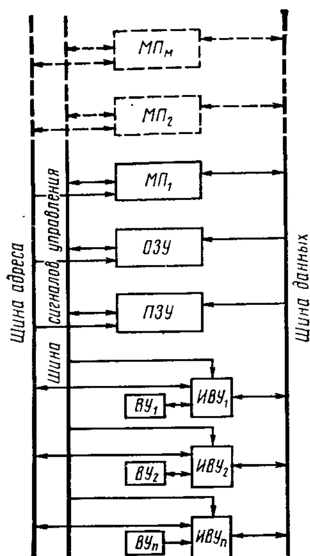


Рис. 3.15. Структурная схема микро-ЭВМ

Рис. 3.14. Структурная схема микропроцессора:

БРД — буферный регистр данных; РС — регистр состояния; РОН — регистр общего назначения; ИР — индексный регистр; УС — указатель стека; ПС — программный счетчик; БРА — буферный регистр адреса; РК — регистр команд

Примечания: 1. Характеризует разрядность. 2. Некоторые регистры могут отсутствовать. 3. Могут использоваться не две, а одна шина или между регистрами возможна организация прямых связей.

ПС (программный счетчик) хранит и модифицирует суммированием или вычислением единицы адреса команд, программ и подпрограмм;

УС (указатель стека) указывает наличие стека;

РК (регистр команд) хранит команду.

Стек предназначен для хранения информации о состоянии процессора в случае прерывания или ветвления программы. Адресация регистров стека осуществляется автоматически без указания адреса в команде.

Поскольку технологически не всегда можно разместить в БИС микропроцессора достаточное число регистров, то часть их переносится в местную или основную память. При этом в память переносятся регистры, к которым обращаются не слишком часто. Например, прерывание программ производится реже, чем обращение к регистрам хранения промежуточных результатов. Поэтому в некоторых системах стек организуется в основной памяти.

На основе МП могут быть построены микро-ЭВМ и многомикропроцессорные системы (рис. 3.15). Микро-ЭВМ — это ЭВМ, построенная на основе микропроцессорных БИС, модулей или блоков и отличающаяся небольшим набором внешних устройств ВУ, ограниченным объемом памяти, простым математическим обеспечением и низкой ценой. Многомикропроцессорная система — система, включающая два или более центральных МП.

Некоторое увеличение эффективности мини-ЭВМ может быть достигнуто, если один из МП выступает в качестве управляющего. При организации более сложных микропроцессорных систем применяются следующие решения:

микропроцессоры и блоки памяти соединяются коммутаторами;

несколько МП непосредственно связывается друг с другом, образуя матрицы или другие регулярные конфигурации;

отдельные МП ориентируются на выполнение специализированных алгоритмов и последовательно передают информацию друг другу по конвейерному принципу.

Команды и адресация, используемые МП, аналогичны указанным для процессоров, но имеются и некоторые особенности, заключающиеся в следующем:

слова имеют длину 4, 8 или 16 бит;

память обычно адресуется косвенно, т. е. по адресу, указанному в регистрах;

большинство команд имеет форму микрокоманд (команды двоичной арифметики, логические, пересылки между регистрами, условного перехода и др.);

широко применяются команды типа регистр — регистр, а также команды вызова подпрограмм, поскольку по подпрограммам выполняются как арифметические операции типа умножения, деления, так и операции ввода — вывода.

Упрощенную структуру имеет вариант МП, в котором формат не включает адреса операнда, а адреса формируются регистрами общего назначения.

Управление в микропроцессорах в большинстве случаев является микропрограммным и заключается в следующем. Любая машинная операция, предусмотренная системой команд центрального МП, представляет собой сложное действие, состоящее из ряда последовательных элементарных действий, или микроопераций МО. Последовательность МО, реализующую данную операцию, называют микропрограммой этой операции.

Для представления набора из N микроопераций устройство управления должно иметь не менее $n (n = |\log_2 N|)$ выходов (разрядов). При этом каждой комбинации выходных сигналов соответствует одна МО. Такое кодирование выходных сигналов принято называть максимальным (вертикальным).

При построении микропрограммы большое значение имеет временна́я последовательность выполнения МО. В случае максимального кодирования микрооперации выполняются последовательно

друг за другом. Однако, как правило, операционное устройство ОУ позволяет выполнить одновременно более одной МО (рис. 3.16). Поэтому с целью сокращения времени реализаций микро-

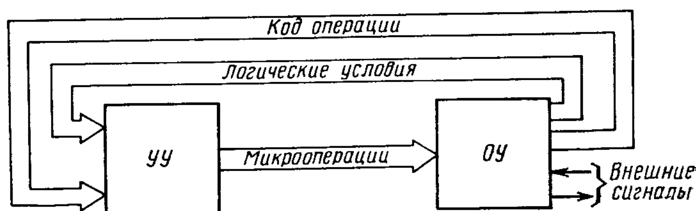


Рис. 3.16. Принцип микропрограммного управления в МП

программы увеличивают разрядность выходов в УУ. В предельном случае каждой МО может быть сопоставлен один выход или один разряд выходного кода УУ. При этом, очевидно, число выходов управляющего устройства равно N. Такое кодирование выходов УУ принято называть минимальным (горизонтальным). Минимальное кодирование позволяет одновременно выполнять более одной МО. Микрооперации, которые можно выполнять одновременно, называют совместимыми. Совокупность совместимых МО и соответствующее обозначение этой совокупности называют микрокомандой. Обычно для обеспечения выполнения некоторой операции, задаваемой командой, требуется использовать от 3 до 10, а иногда до 50 микрокоманд.

Принципы построения микропроцессоров детально изложены в [62].

3.2.4. Запоминающие устройства

Рассмотрим принцип организации основного запоминающего устройства. Оно состоит из блоков запоминания, построенных на элементах памяти (полупроводниковых приборах, ферритовых кольцах и т. п.), и устройств, обеспечивающих запись и считывание информации в блоки запоминания и часто называемых устройствами обрамления ЗУ (рис. 3.17). В состав устройств обрамления входят регистры (приема, выдачи и адресов), дешифраторы, усилители и вентили (на рисунке не показаны), устройства управления ЗУ и устройства выбора входных и выходных шин.

При записи и считывании указываются характер команды (считывание или запись), режим работы (требуется выдача сигнала ответа или нет, и если требуется, то в каком режиме), код и адрес команды. Кроме того, добавляется информация для проверки на четность. Указанная информация через систему шин поступает на регистры. Непосредственно в управляющее устройство ЗУ процессор выдает команду о разрешении на запись или выдачу, которые начинаются в соответствии с синхронизирующими сигналами. Принципы работы ЗУ различного типа достаточно подробно описаны в отечественной литературе.

Блоки памяти основного ЗУ состоят из ячеек памяти, которые образуют поле ЗУ, разделенное на отдельные массивы, имеющие различное функциональное назначение (рис. 3.18,*а*). В основном ЗУ выделяются массивы для оперативного ЗУ и массивы для хранения часто используемых программ МП и таблиц (данных) МД.

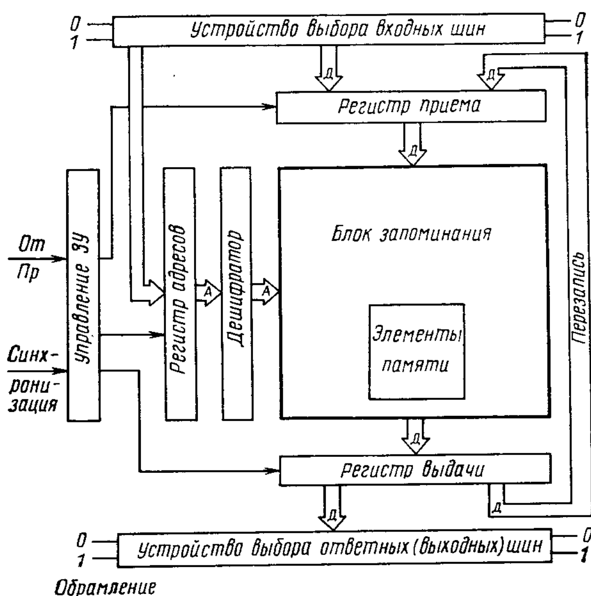


Рис. 3.17. Принцип построения ЗУ:
А — адрес; Д — данные

Редко используемые программы и таблицы хранятся во внешних ЗУ. В оперативной части ЗУ для организации обслуживания абонентов выделяются массивы, которые могут быть разделены на две группы: массивы для организации очередей и массивы для записи информации по обработке вызова. В первую группу входят массивы:

возникающих вызовов ВВ, куда заносятся номера линий, на которых появились вызовы;

повторных вызовов ПВ, куда записываются вызовы, обнаруженные при повторном сканировании линий. В результате отсеиваются ложные вызовы.

Во вторую группу входят массивы:

обслуживания вызовов ОВ, куда записываются номера, набираемые абонентами;

установления соединения УС, в котором отмечаются поиск пути и другие данные, связанные с установлением соединения;

отбоев ОТ, где фиксируется состояние соединения с тем, чтобы при получении отбоя иметь возможность найти и отключить определенные линии.

Принцип построения массивов в основном одинаков, массив имеет блок-указатель БУ и определенное число регистров (рис. 3.18,*б*). В блоке-указателе отражается состояние регистров. Все регистры в одном массиве однотипны. В различных массивах регистры могут иметь разные структуры и емкость (число бит). В от-

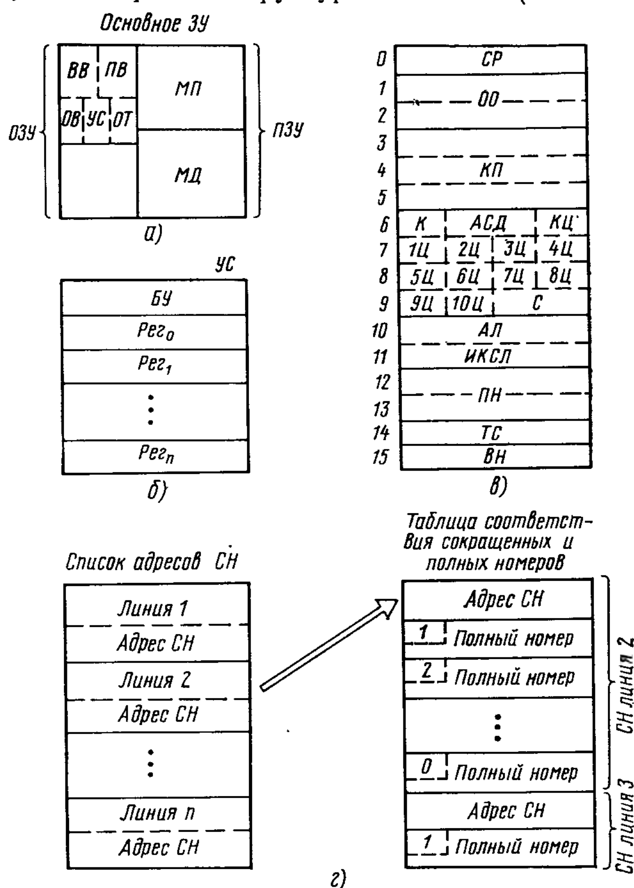


Рис. 3.18. Организация массивов и регистров в основном ЗУ:
а) разделение ЗУ на массивы; *б*) построение массива; *в*) организация РИВ; *г*) организация списка адресов сокращенных номеров

личие от регистров в процессоре, которые организуются аппаратными средствами, т. е. являются устройствами, регистры в ЗУ организуются программными средствами и при изменении программы могут быть ликвидированы или организованы вновь.

В качестве примера рассмотрим упрощенное построение регистра исходящих вызовов РИВ (рис. 3.18,*в*). В данном случае он имеет 16 строк, в которых записываются:

0 — состояние регистра СР — номер регистра и номер программы, с которой он связан;

1—2 — очередность обслуживания регистра ОО;

3— 5— данные о путях, занятых в коммутационном поле;

6—9 — состояние приема набора номера: К — окончен или не окончен набор; КЦ — количество цифр, которое должно быть в принимаемом номере; АСД — указание об адресе следующего действия и запись каждой принятой цифры (первая цифра 1Ц, вторая цифра 2Ц и т. д.). Счетчик С отсчитывает число принятых цифр;

10—11 — данные о номерах линейного оборудования, с которым устанавливается соединение (номера абонентской линии АЛ, комплекта исходящей линии ИКСЛ или ШК);

12—13 — пересчитанные номера ПН;

14 — контролируемые точки сканирования ТС;

15 — способ выдачи номера ВН на встречную станцию, число выдаваемых цифр и их значение.

Программная часть общего ЗУ делится на два массива: массив программ МП и массив данных МД. В массиве программ для каждой команды отводится определенная ячейка, номер которой является абсолютным адресом команды. В массиве данных хранятся таблицы пересчета: номеров абонентских комплектов в списочные номера телефонных аппаратов и наоборот; номеров комплектов в категории линий; индексов станций в коды направлений; сокращенных номеров в полные номера и т. д. Принцип построения таблиц аналогичен построению регистров оперативной части ЗУ. В качестве примера на рис. 3.18,*г* показаны организация списка адресов сокращенных номеров СН и таблицы соответствия полных и сокращенных номеров.

Объем основного запоминающего устройства зависит от емкости и типа АТС, а также от предоставляемых абонентам услуг. Для определения объема памяти оперативной части ЗУ можно использовать следующий подход. Предположим, что в запоминающем устройстве требуется записать состояние всех промежуточных линий, а также для каждого установленного соединения номер и категорию аппаратов вызывающего и вызываемого абонентов и данные о пути, по которому установлено соединение. Если станция имеет емкость 8000 абонентских линий и такое же число промежуточных линий, то для записи состояния всех абонентских и промежуточных линий потребуется приблизительно 20 000 бит (по 1 бит на линию). На станции емкостью 8192 линии номер абонентской линии может быть записан с помощью 13 бит ($2^{13}=8192$). Если имеется 1000 категорий, то для записи номера категории потребуется еще 10 бит ($2^{10}=1024$). Таким образом, для записи номера и категории аппаратов вызывающего и вызываемого абонентов требуется 46 бит [$2(13+10)=46$]. Так как на станции емкостью 8192 номера имеется около 1000 ШК и возможна 1000 одновременных разговоров, то для записи номера ШК необходимо 10 бит. Еще 13 бит требуется для записи номеров промежуточной

линии, через которые установлено соединение. Для обеспечения надежности записи и считывания вводится избыточность. Пусть эта избыточность равна 1 бит (проверка на четность). Таким образом, для записи данных об одном соединении требуется 70 бит (46+10+13+1=70), а о 1000 соединениях — 70 000 бит. Следовательно, на рассматриваемой АТС потребуется оперативное ЗУ емкостью 90 000 бит (20 000+70 000).

Рассмотренный пример показывает, каким образом может быть определен объем памяти ОЗУ. Однако в действительности оперативное ЗУ должно быть значительно большей емкости, так как необходимо предусмотреть различные функции контроля и учитывать специфику построения ЗУ. Для сравнения укажем, что в АТС ESS № 1 емкостью 8192 номера ОЗУ состоит из двух блоков (основного и резервного) по 196 000 бит в каждом блоке.

Определение объема памяти программной части значительно сложнее, поскольку требуется полный состав программы и таблиц. В разд. 3.1.3 были указаны пределы изменения объема запоминающих устройств в зависимости от емкости АТС.

3.2.5. Внешние устройства

В процессе отладки оборудования АТС с программным управлением и его эксплуатации технический персонал должен иметь возможность производить проверку оборудования, изменять и вводить новые данные, изменять отдельные части программы. Для этих целей на АТС предусматриваются пульты, отображающие устройства (дисплеи), телетайпы и внешние ЗУ.

При монтаже и отладке АТС используются специальные пульты, дисплеи и построчно-печатающие устройства, обеспечивающие автоматические режимы проверки и позволяющие ввести в ЭУМ и вывести из нее большой объем информации. Для текущей эксплуатации предусматриваются пульт технической эксплуатации, телетайпы и внешние ЗУ. Телетайпы устанавливаются непосредственно на АТС или выносятся в другие помещения, находящиеся на значительном расстоянии от АТС, и работают через каналы связи.

В состав внешних запоминающих устройств ВЗУ входят ЗУ на магнитных лентах МЛ, магнитных дисках МД и магнитных барабанах МБ. Центральный процессор, как правило, может работать с любым типом указанных ЗУ, но на АТС обычно имеются один или два типа. В последнее время наиболее часто применяют МД. Во внешних ЗУ хранятся редко используемые программы и данные, резервный комплект всего программного обеспечения.

Каждое внешнее устройство ВУ имеет управляющее устройство, через которое оно подключается к шинам или каналу управления (связи). В большинстве случаев в качестве внешних устройств и их устройств управления служат стандартные внешние устройства ЭВМ, в частности в СССР стандартные внешние устройства ЕС ЭВМ.

3.2.6. Устройства связи

Для связи ЭУМ с ПУУ и ВУ, а также внутри ЭУМ процессора с ЗУ и другими устройствами предусмотрены системы шин и каналы связи. Связь ЦУУ с ПУУ организуется по системе шин, называемых внешними, а ЦУУ с основным ЗУ — по системе внутренних шин. Каждая из шин состоит из двух свитых проводов и усилителей с согласующими устройствами. Информация по шинам передается импульсами постоянного или переменного тока параллельным способом. При таком способе для каждого параллельно передаваемого бита используется отдельная шина. В систему шин входят не только шины для передачи информации от ЦУУ к другим устройствам, но и шины для передачи ответной информации. Число шин в системе и в каждом направлении определяется числом одновременно передаваемых бит. Система шин является общей для всех периферийных устройств и, как правило, дублируется (рис. 3.19). Так как шины являются общими для всех

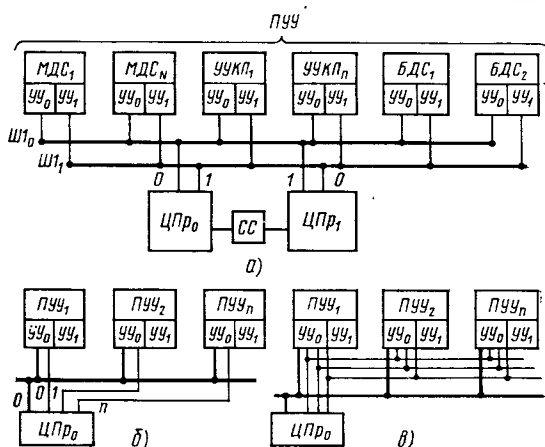


Рис. 3.19. Организация связи ЭУМ с ПУУ:
а) общий принцип организации; *б*) адресация по отдельным адресным проводам; *в*) адресация по группе адресных проводов

связанных с процессором ПУУ, то при передаче информации ее необходимо адресовать. Существует несколько способов адресации:

для каждого устройства предусматривается отдельный адресный провод;

для всех адресуемых устройств предусматривается несколько отдельных адресных проводов, а конкретное адресуемое устройство указывается подачей потенциала на сочетание определенных проводов;

адрес указывается кодом, передаваемым по самим шинам.

Выбор того или иного способа адресации определяется в зависимости от числа адресуемых устройств и скорости передачи.

Для связи с внешними устройствами часто используются каналы связи. К одному каналу связи может параллельно присоединяться несколько внешних устройств (рис. 3.20), при этом каж-

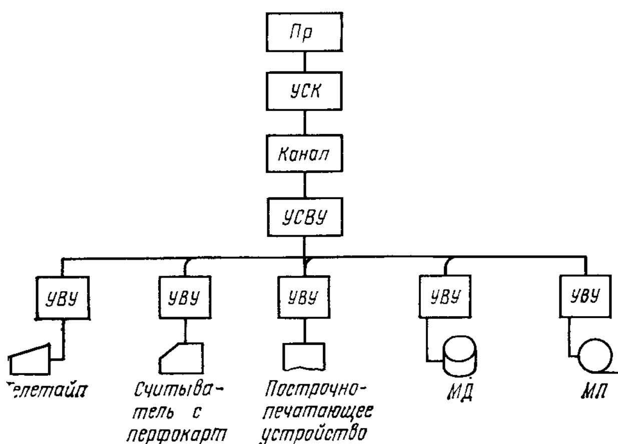


Рис. 3.20. Организация связи ЭУМ с внешними устройствами

дое из них имеет свое управляющее устройство УВУ. При программном управлении имеется два типа каналов: селекторный и мультиплексный (или просто мультиплексор). По селекторному каналу обмен информацией осуществляется одновременно только между двумя устройствами. В мультиплексном канале обеспечивается одновременная (с разделением по времени) передача информации между несколькими устройствами. Канал имеет свои устройства управления, которые работают под управлением центрального процессора. При этом он оборудуется устройствами сопряжения, обеспечивающими, с одной стороны, взаимодействие с Пр (УСК), а с другой стороны, с ВУ (УСВУ). В некоторых случаях внешние устройства связываются с процессором через шины (см. рис. 3.12).

На рис. 3.21 показана структурная схема двухмашинного управляющего комплекса «Нева-1», достаточно хорошо отражающая принципы организации связи как внутри ЭУМ, так и с ПУУ и ВУ. Комплекс «Нева-1» разработан в СССР и предназначен для управления квазиэлектронными АМТС и электронными узлами коммутации местной связи [6]. Имеются два управляющих комплекса «Нева»: «Нева-1» и «Нева-2», каждый из которых может работать как с периферийным (сигнальным) процессором ППр, так и без него. Емкости обслуживаемых узлов и АТС указаны в табл. 3.2.

Принципы построения центральных управляющих устройств в различных квазиэлектронных и электронных АТС на уровне структурных схем рассмотрены в [42].

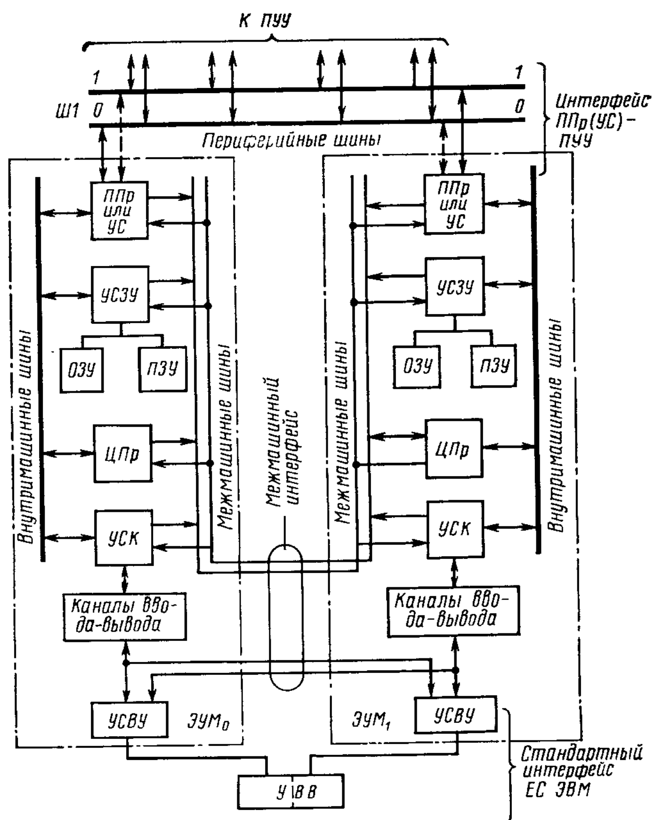


Рис. 3.21. Структурная схема и организация связи в ЭУМ «Нева»

Таблица 3.2. **Емкость обслуживаемых комплексом «Нева» узлов и АТС**

Тип комплекса	Емкость	
	узла, число входов	АТС, тыс. АЛ
«Нева-1» без ППр	6000×2	20
«Нева-1» с ППр	12000×2	40
«Нева-2» без ППр	2000×2	7
«Нева-2» с ППр	4000×2	14

3.3. Периферийные управляющие устройства

3.3.1. Принципы построения периферийных устройств

В состав входят следующие устройства: определители ОП и сканирующие устройства СУ, следящие за состоянием линий и комплектов; маркеры, управляющие приборами коммутационного

поля УУКП; устройства, управляющие комплектами УУК; распределители сигналов РС, определяющие порядок и моменты передачи сигналов в линии.

Периферийные управляющие устройства могут быть пассивными или активными. Пассивные ПУУ работают полностью под управлением центрального процессора, получая от него команды. Они не производят никаких логических операций. Активные ПУУ осуществляют по командам центрального процессора определенные логические действия. В некоторых случаях активные ПУУ полностью обслуживают телефонные периферийные блоки и обращаются к центральному процессору только для обмена информацией. При этом центральный процессор выполняет лишь основные функции управления, а различные вспомогательные функции реализуются активными ПУУ. Основное достоинство активных ПУУ связано с возможностью снижения требований к центральным процессорам, что повышает их производительность.

Введению активных ПУУ благоприятствует появление интегральных схем с высокой степенью интеграции (БИС). В системах с пассивными ПУУ производительность центральных процессоров повышается введением вспомогательных периферийных (сигнальных) процессоров. Разделение функций между ПУУ и ЦУУ позволяет независимо осуществлять их оптимизацию и в результате улучшить оборудование.

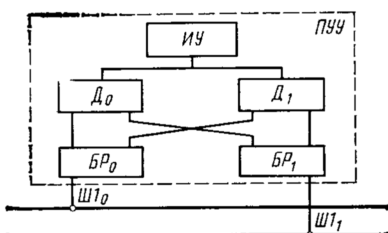


Рис. 3.22. Структурная схема ПУУ

Каждое ПУУ состоит из следующих основных частей: буферного регистра, дешифратора и исполнительного устройства (рис. 3.22). Буферный регистр БР связан с шинами Ш1 и принимает информацию (команды) от ЦУУ или накапливает передаваемую в ЦУУ информацию. Принятые и зафиксированные в БР команды декодируются (дешифруются) дешифраторами Д и передаются исполнительному устройству ИУ. В результате в исполнительном устройстве срабатывают приборы, которые управляют коммутационными матрицами в КП, реле в комплектах или вентилями в сканирующих устройствах. Для обеспечения надежной работы основные части ПУУ дублируются.

3.3.2. Сканирующие устройства

Сканирующие устройства (сканеры) производят поочередный осмотр (развертку) абонентских и соединительных линий и определяют их состояние. Принцип действия сканера заключается в том, что к каждой линии подключается чувствительный элемент (вентиль), который в зависимости от состояния линии (замкнут или разомкнут шлейф линии) открыт или закрыт и, следовательно, пропускает или не пропускает импульсы тока. Импульсы сле-

дуют в определенной очередности, и положение импульса определяет номер линии.

На рис. 3.23 показаны структурная схема сканера, обслуживающего 100 абонентских линий, образующих одну подгруппу линий в тысячной группе, и распределение импульсов. Каждая або-

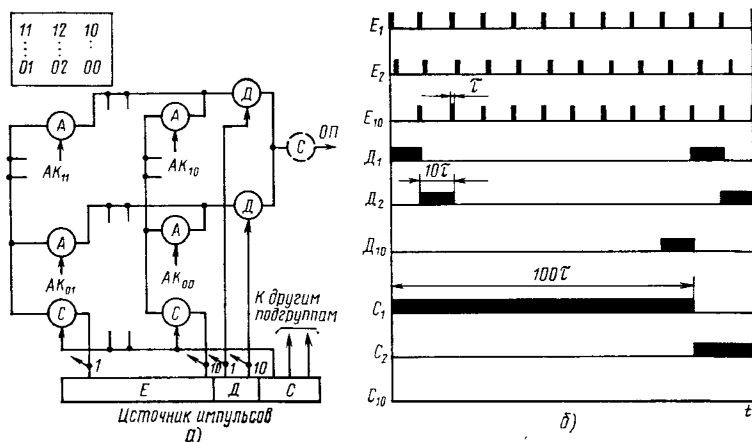


Рис. 3.23. Построение сканирующего устройства:
а) структурная схема; *б*) распределение импульсов

нентская линия имеет абонентский комплект АК, с которым связан индивидуальный вентиль А. Вентили А расположены в виде квадратной матрицы, в которой по вертикалям включены вентили АК, имеющие в номере одинаковые цифры единиц, а по горизонталям — вентили АК с одинаковыми цифрами десятков. Входы и выходы десяти вентилей каждых горизонтали и вертикали соединены между собой. В общий провод каждой горизонтали включено по одному вентилю Д, а в общий провод вертикали — по одному вентилю С.

Импульсный генератор, входящий в состав сканера, вырабатывает три группы импульсов, различающихся длительностью. Импульсы группы С (сотни) в 10 раз продолжительнее импульсов группы Д (десятки), а последние, в свою очередь, в 10 раз продолжительнее импульсов группы Е (единицы). Кроме того, импульсы отличаются друг от друга фазой (временем появления). Внутри каждой группы в данный момент может появиться только один из десяти импульсов. Импульс от источника С одновременно открывает вентили С, включенные в десять вертикалей. Импульсы от источников $Д_1$—$Д_{10}$ поочередно открывают вентили Д, включенные в горизонтали. Импульсы от источников $Е_1$—$Е_{10}$ поочередно поступают к вентилям вертикалей и на общий провод ОП в случае, если какой-либо вентиль открыт, т. е. с линии поступает вызов.

В результате на общем проводе импульс, образованный совпадением соответствующих импульсов Е, Д и С и определяющий индивидуальную абонентскую линию, появляется только в строго определенном временно́м положении и, кроме того, только тогда, когда открыт вентиль А, т. е. шлейф линии замкнут. Для других девяти сотенных абонентских подгрупп имеются аналогичные устройства, к которым поступают такие же импульсы Д и Е, но к каждой сотенной подгруппе подводится своя последовательность импульсов С. Общие провода всех сотен запараллеливаются. Расшифровка номера АК в управляющем устройстве может быть осуществлена схемой, работающей по принципу совпадения импульсов, поступающих с общего провода, и импульсов, поступающих от импульсного генератора. В принципе на сотенную группу можно было бы использовать один вентиль С, установив его в общем проводе (показано пунктиром), но в этом случае в сканере могут появиться сильные взаимные влияния, так как на все сотенные группы будут одновременно поступать импульсы группы Е.

В качестве вентилей А используются различные приборы: герконовые реле [101], полупроводниковые приборы или ферроды, а в качестве вентилей С и Д обычно применяются полупроводниковые приборы.

Более подробная схема сканера, построенного на ферродах, представлена на рис. 3.24 [91]. Матрица сканирования имеет

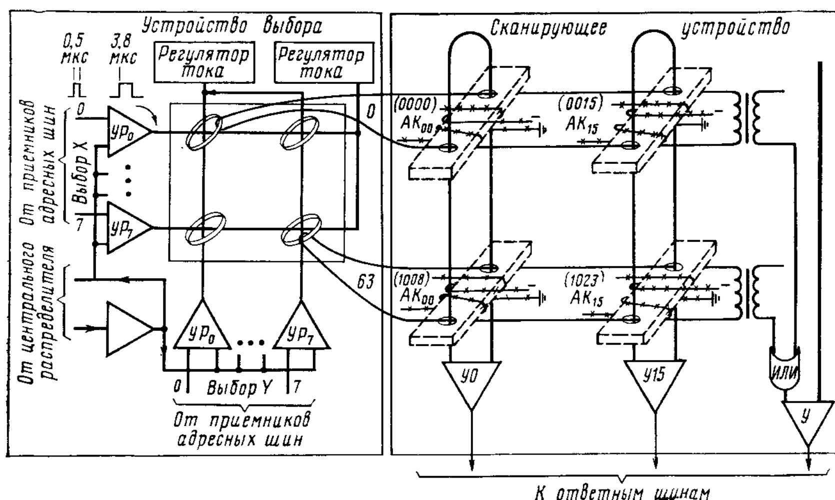


Рис. 3.24. Структурная схема сканирующего устройства, построенного на ферродах

64 ряда по 16 ферродов в каждом ряду. Импульсы считывания поступают в ферродную матрицу через устройство выбора УВ, которое построено также в виде координатной матрицы, но на ферритовых сердечниках с прямоугольной петлей гистерезиса и ра-

ботает по принципу совпадения токов. Для выбора любого ряда ферродов УВ имеет восемь горизонтальных и восемь вертикальных рядов сердечников. На входе УВ установлены схемы совпадения, входящие в состав усилителей-расширителей УР. При одновременном поступлении импульсов на одну из горизонталей X и вертикалей У и импульса разрешения от центрального распределителя ЦР соответствующие схемы совпадения пропускают эти импульсы, предварительно расширив их, на соответствующие горизонтали и вертикали. Во вторичной обмотке выбранного сердечника появляется импульс тока — импульс считывания (0,5 А). Вторичная обмотка сердечника проходит через все 16 ферродов ряда. Если шлейф линии разомкнут, то импульсы считывания проходят через феррод, усиливаются и поступают через выходные (ответные) шины в процессор. Рассмотренный сканер может контролировать состояние 1024 абонентских линий.

Аналогичным образом строится сканер на полупроводниковых приборах, контролирующий по две точки сканирования в 1024 абонентских комплектах [114]. Он имеет устройство выбора УВ (рис. 3.25), содержащее матрицу выбора МВ емкостью 8×16 и

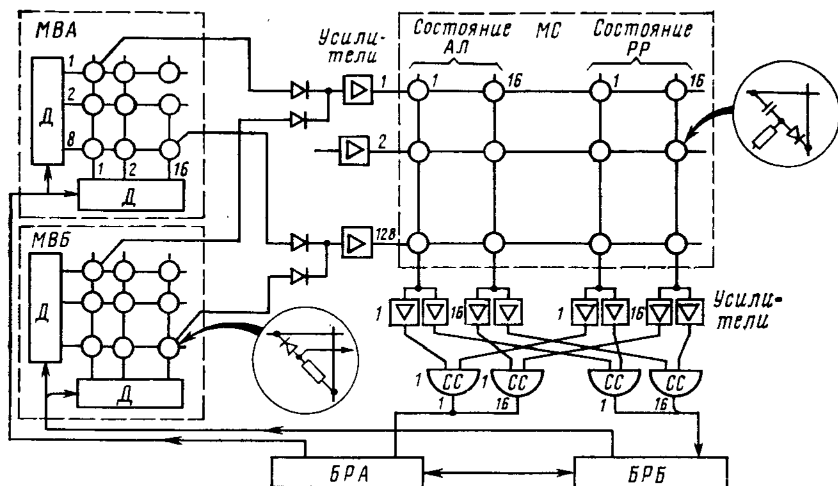


Рис. 3.25. Структурная схема сканирующего устройства, построенного на полупроводниковых приборах

два дешифратора Д. Матрица сканирования МС имеет 32 вертикали (16 для контроля АЛ и 16 для контроля состояния разделительного реле РР) и 128 горизонталей. На входе и выходе МС установлены усилители. Вертикали МС через усилители и схемы совпадения СС, а также дешифраторы связаны с буферным регистром БР. Устройства выбора, усилители вертикалей, схемы совпадения и буферный регистр дублированы.

Скорость работы сканера зависит от назначения и количества обслуживаемых устройств. Так как сканер непрерывно контроли-

рует состояние линий, то он может быть использован для обнаружения различных сигналов, появляющихся на линии, например отбоя, и для приема набора номера. Различают два вида сканеров: медленно действующие МДС и быстродействующие БДС. Медленнодействующие сканеры работают со скоростью 10 имп/с, а быстродействующие — 100 имп/с. Для увеличения скорости сканирование линий и других устройств осуществляют группами, обычно по 16 или 32 устройства. В этом случае в результате сканирования получают слово длиной 16 или 32 бит, отображающее состояние 16 или 32 линий (см. рис. 3.24).

3.3.3. Маркеры

Маркеры, используемые в коммутационном поле, подготавливают цепь для включения приборов в точках коммутации. Структура маркера зависит от построения КП. В качестве примера рассмотрим принцип управления КП в АТС ESS № 1 [83]. На каждом стативе КП коммутационные матрицы разделены на две группы. В пределах каждой из этих групп обеспечивается независимый выбор пути, что позволяет одновременно на одном стативе устанавливать два соединения. Для каждой группы матриц (рис. 3.26)

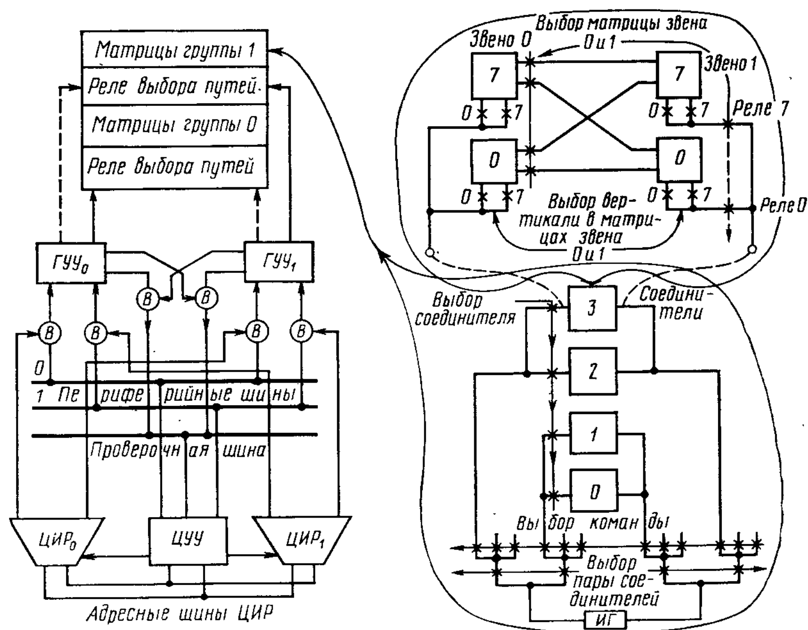


Рис. 3.26. Структурная схема устройства управления КП на ферридах

используется свое групповое управляющее устройство ГУУ. В случае необходимости оно может управлять установлением соединения в другой группе (показано пунктиром). Информация в ГУУ

передается от ЦУУ по шинам, называемым периферийными. Каждая шина через вентили В может подключаться к любому ГУУ. Во всех стативах соединение обмоток управления между матрицами статива строго соответствует соединению проводов тракта передачи. Адреса объекта управления передаются от ЦУУ через центральный импульсный распределитель ЦИР. Информация и адреса накапливаются в буферных регистрах.

Выбор одного определенного соединителя из четырех соединителей осуществляется тремя группами реле. Первая группа реле выбирает пару соединителей, вторая — определяет выбор команды, т. е. места подачи импульсов и их полярность, третья — выбирает определенный соединитель. В зависимости от места подачи и полярности импульса в соединителе точки коммутации могут быть включены в одном или обоих звеньях.

Выбор точек коммутации в матрицах осуществляется еще четырьмя группами реле по восемь реле в каждой группе. Одна группа реле выбирает вертикаль в матрицах звена 0, вторая — матрицу в звене 0, третья — вертикаль в матрицах звена 1, четвертая — матрицу в звене 1. Срабатывание по одному реле в каждой группе определяет в соответствующем соединителе единственную цепь для импульса включения. Другие контакты этих же реле включены в промежуточные линии другого соединителя, образующего пару с данным. После окончания выбора пути ЦИР посылает разрешающий импульс, по которому к созданной цепи подключается импульсный генератор. Вместо упомянутых групп реле в некоторых системах АТСКЭ используются полупроводниковые тиристоры.

Рассмотрим принцип построения маркера, используемого в АТСКЭ с электрическим удержанием приборов КП [96]. Маркер в основном состоит из релейных декодирующих устройств (дешифраторов), которые, получив от буферного регистра в закодированном виде номера комплектов и реле точек коммутации, декодируют их и создают цепи для срабатывания реле в комплектах и КП. При установлении соединения, например, от АК к ШК от процессора в буферный регистр БРА (или БРБ) поступает команда (рис. 3.27). В буферном регистре производится проверка принятой информации и принятые код операции КО и адрес А перекодируются в вид, удобный для работы маркера. По коду операции определяются временные интервалы ТМ подачи управляющих сигналов. Из БР в маркер на декодирующее устройство включения пути ДВП и декодирующее устройство номера шнурового комплекта ДШК подается соответствующая информация. Аналогичным образом из БР в декодирующие устройства DA, DB, DC и DD поступает информация о номерах точек коммутации, которые необходимо включить. Декодирующие устройства по принятым кодам подготавливают цепи для подачи потенциала на включающие устройства ВУА, ВУВ, ВУС и ВУД, которые на рисунке показаны в виде контактов, а в действительности построены на транзисторах.

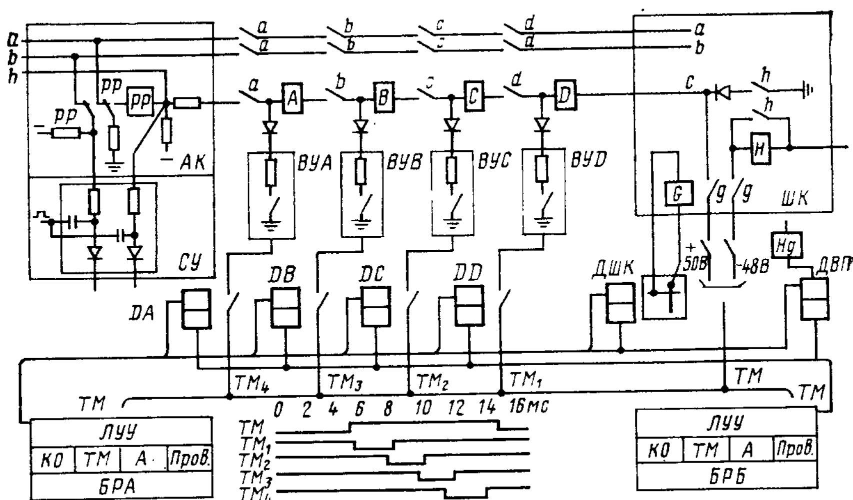


Рис. 3.27. Структурная схема маркера АТС с КП на приборах с электрическим удержанием

Получив информацию, ДВП подготавливают цепь для включения в ШК реле удержания Н, а ДШК включает реле G. Реле Н срабатывает, блокируется и остается в работе до конца соединения. По окончании соединения маркер снимает блокировку с реле Н. Затем в момент времени ТМ через ШК на провод *с* подается напряжение. После этого последовательно в моменты времени $ТМ_1$, $ТМ_2$, $ТМ_3$ и $ТМ_4$ на соответствующие провода, идущие к обмоткам приборов точек коммутации, подаются импульсы напряжения. В момент $ТМ_1$ включается ВУД и от напряжения +50 В, подаваемого по проводу *с*, срабатывает прибор в точке коммутации D. Через контакт *d* создается цепь для срабатывания прибора С и т. д. После срабатывания разделительного реле РР в АК логическое устройство управления ЛУУ снимает напряжение и приборы КП удерживаются через контакт реле Н. В маркере буферный регистр и декодирующие устройства дублированы.

Глава 4

Программное обеспечение

4.1. Языки описания и программирования АТС

4.1.1. Общая характеристика

В АТС с программным управлением, в отличие от всех предшествующих систем, возникла совершенно новая, ранее не свойственная телефонной технике проблема — проблема программно-

го обеспечения. Программное обеспечение — это совокупность программ ЭУМ, процедур и правил вместе со всей связанной с этими компонентами документацией, позволяющая использовать ЭУМ для решения различных задач. Программное обеспечение АТС с записанной программой по своей сложности и объему разработки значительно превышает аппаратурную разработку. Именно от возможностей, качества и надежности программного обеспечения зависят основные преимущества новых систем коммутации.

Если в предыдущих главах в АТС выделялись две большие части аппаратных средств — коммутационное поле и устройства управления, то сейчас можно сказать, что на АТС с программным управлением для создания возможности работы каждой из указанных частей предусмотрены новые средства — программное обеспечение.

Программное обеспечение АТС значительно отличается от программного обеспечения ЭВМ общего назначения. Эти отличия в первую очередь связаны с тем, что АТС должна работать в реальном времени и, кроме того, одновременно обслуживать несколько вызовов. Таким образом, ПО коммутационной системы должно обеспечивать многопрограммную работу с разделением во времени в реальном масштабе времени.

Программное обеспечение подразделяют на функциональное и сопровождающее. Функциональное ПО содержит алгоритмы и программы, обеспечивающие работу станции, и состоит из рабочих программ и программ проверки оборудования станции. Программы записываются с помощью специальных средств, называемых языками программирования. Так как ЭУМ всегда работает с машинным языком, а программы, как правило, пишутся на языках Ассемблера или высокого уровня, то необходим перевод программы на машинный язык. Для этих целей создается сопровождающее ПО, которое состоит из программ-трансляторов, программ-отладчиков и других специальных программ. Сопровождающее ПО позволяет автоматизировать процесс перевода (трансляции) и отладки программ, написанных на языке высокого уровня.

В АТС с программным управлением внутренние логические процессы могут быть описаны с помощью описательных и формализованных методов. При описательных методах используются естественные языки и цифровая информация, дополненные чертежами, перечнями и др. Эти методы не требуют стандартизации. Формализованные методы описания могут быть графическими и знаковыми. В МККТТ стандартизованы графический формализованный язык спецификаций и описаний — СДЛ (specification and discription languaqe — **SDL** — ЯСО) и знаковый формализованный язык для связи обслуживающего персонала с управляющими устройствами, так называемый язык общения «человек—машина» ММЛ (man — machine languaqe — **MML** — ЯЧМ). Область применения, правила построения и пользования этими языками изложены в виде рекомендаций МККТТ серии Z [56].

Работа АТС, в том числе и с программным управлением, задается определенными правилами (алгоритмом), который представляется либо словесно, либо на формализованном языке. Описание на формализованном языке имеет следующие преимущества: однозначность, точность, возможность дальнейшей обработки формализованными методами, в том числе и машинными. Поэтому для описаний алгоритмов используются формализованные алгоритмические языки.

Алгоритмический язык — это язык задания алгоритма. Алгоритмические языки по способам задания алгоритма работы устройства делятся на стандартные и начальные. Одним из стандартных алгоритмических языков является язык логических схем алгоритмов ЛСА, который позволяет записать в символическом виде алгоритм функционирования устройства, по определенным правилам произвести над этой записью преобразования и формализованным образом получить оптимальный алгоритм. Формализованные алгоритмические языки широко используются в теории автоматов. Большая заслуга в их разработке принадлежит В. Г. Лазареву и его школе [34].

Для составления и записи программ, под управлением которых работают управляющие устройства АТС, используются языки программирования. Под языком программирования понимается формальная знаковая система описания данных и записи программ работы управляющих устройств АТС. Языки программирования, с одной стороны, похожи на естественные человеческие языки, так как имеют определенное грамматическое построение, фразовую структуру, используют слова естественного языка и т. п. С другой стороны, они близки к формализованным языкам, поскольку текст строится по строго установленным правилам, применяются математические символы и понятия.

Программирование можно рассматривать как процесс перевода задачи, выполняемой управляющим устройством АТС и записанной на одном языке, на другой язык, понятный для машины. Различают следующие группы языков программирования: машинные, машинно-ориентированные и проблемно-ориентированные, называемые языками высокого уровня.

Машинный язык — это запись программы в кодах конкретной управляющей машины. Запись в машинном языке весьма громоздка, трудна для понимания и проверки. Но любая управляющая машина работает только на машинном языке, поэтому программа ее работы обязательно должна быть переведена на машинный язык.

Машинно-ориентированные языки позволяют записать программу в командах машины, но в удобном для чтения виде. Простейшими машинно-ориентированными языками программирования являются автокоды. Известно большое число автокодов. Часто применяются автокоды типа 1:1, в которых основные элементы автокода (оператор, строка) преобразуются в одну команду управляющей машины. Использование автокода ускоряет процесс про-

граммирования приблизительно в 3 раза. Известны автокоды более высокого уровня. Программы, составленные на автокоде для соответствующих типов машины, могут быть очень эффективными. Один из наиболее распространенных видов машинно-ориентированного языка — язык Ассемблера, иногда называемый языком символического кодирования, в котором программа составляется в символической форме, при этом формат команд однозначно соответствует формату команд машины. Фактически для каждой управляющей машины или семейства машин применяется свой язык Ассемблера. В машинно-ориентированных языках отдельные команды или даже некоторые последовательности команд обозначаются условным мнемоническим символом. Часто повторяющиеся одинаковые последовательности команд, обозначенные определенным мнемоническим символом, называют макрокомандой. Макрокоманда является своего рода подпрограммой. Расширенный с помощью макрокоманд язык Ассемблера называют языком макроассемблера, или просто макроязыком.

Выше перечислены языки низкого уровня. Написанные на этих языках программы отличаются высокой эффективностью. Под эффективностью в данном случае понимается минимальное время работы программы и минимальный требуемый объем запоминающих устройств. Эти факторы были важны на начальном этапе развития АТС с программным управление (60-е и 70-е годы), когда использовались ЭУМ с малым быстродействием и ЗУ были дóроги.

В настоящее время стоимость полупроводниковых ЗУ резко снизилась, быстродействие ЭУМ значительно повысилось и указанные факторы утратили свое значение. Наиболее важными критериями стали уменьшение времени разработки программ, ее читаемость (легкость понимания программы), возможность быстрой проверки, корректировки и изменения. При таких требованиях для составления программ более подходят языки высокого уровня, когда программа пишется на языке, в некоторой степени близком к разговорному. В данном случае используются обозначения, являющиеся сокращением слов — понятий обычного языка. К ним добавляются данные, над которыми должны быть совершены действия. Было разработано много вариантов языков высокого уровня [107]. Рабочая группа МККТТ (РГXI) подготовила проект рекомендаций по языку высокого уровня [118], названному **CHILL** (**C**CITT **H**igh **L**ever **P**rogramming **L**anguage — язык высокого уровня МККТТ—ЯВУМ).

Для перевода программы, написанной на машинно-ориентировочном языке или языке высокого уровня, на машинный язык конкретной ЭУМ разработаны специальные транслирующие программы (трансляторы). Кроме того, для транслирования, компоновки и упорядочения указанных программ при переводе их в машинный язык используются программы-компиляторы.

История развития языков применительно к технике связи и, в частности, языков программирования, используемых в коммутационных системах, достаточно подробно изложена в [68].

4.1.2. Язык спецификаций и описаний ЯСО

Язык ЯСО стандартизирует графический метод спецификаций и описаний, основанный на диаграммах перехода состояний [56]. Основной задачей стандартизации с возможностью дальнейшего развития являлось обеспечение:

легкости изучения, использования и интерпретирования метода представления материала для эксплуатирующих АТС организаций;

однозначной спецификации и описания в предложениях и описаниях АТС;

возможности сравнения различных конкурирующих типов телефонных станций с программным управлением.

В спецификации системы определяются требования к системе, а в описании указывается, как выполняются эти требования. Спецификация и описание состоят из двух частей: в первую входят требуемые общие параметры и функциональная спецификация ее заданного поведения, вторая часть содержит действительно выполненные параметры системы и функциональное описание ее действительного поведения.

Функциональная спецификация и функциональное описание разбиваются на блоки, каждый из которых определяет поведение одного или более процессов. Поведение процесса описывается с помощью терминов: вводы, ожидания, состояния, переходы, решения, задачи и выводы. Каждый процесс, определяемый или описываемый блоком, должен иметь четкую границу, через которую сигналы проходят в точном соответствии с указаниями, также четко необходимо определить и стыки между блоками.

Основные определения, символы и правила пользования языком ЯСО были кратко изложены в разд. 1.3. Там же приведены примеры описаний работы АТСКЭ и АТСЭ (см. рис. 1.8—1.11).

В новом варианте рекомендаций, подготовленных МККТТ РГXI [119], даются подробные разъяснения по использованию каждого символа и приводятся примеры описания.

4.1.3. Язык для связи «человек — машина» ЯЧМ

Язык программирования «человек—машина» ЯЧМ предназначен для взаимодействия оператора с управляющими устройствами АТС при их эксплуатации, настройке, проверке и других условиях. Он используется для работы как с местного, так и с удаленного терминалов на АТС, эксплуатационных и административных центрах [56]. Язык связи «человек—машина» является упрощенным вариантом языка высокого уровня.

Печатная информация ЯЧМ представляется на листах двух форматов: F1 и F2. На формате F1 знаки размещаются в 66 строках по 72 знака в строке, а на формате F2 — в 66 строках по 120 знаков в строке. В качестве знаков используются строчные и прописные буквы латинского алфавита, арабские цифры и другие обозначения (табл. 4.1), основанные на Международном коде № 5.

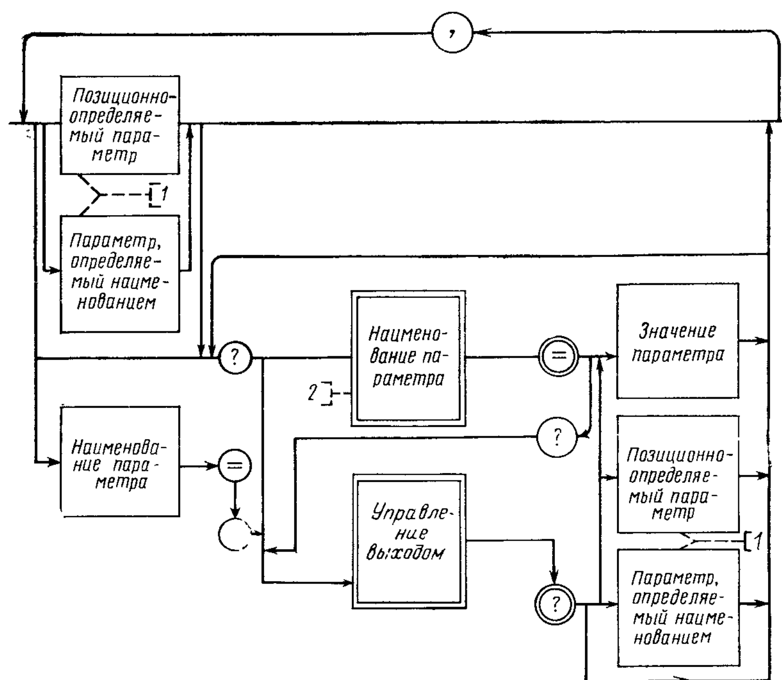
Для описания синтаксиса и процедур ЯЧМ применяются син-

Таблица 4.1. **Набор знаков, используемых в языке «человек-машина»**

				b_7	0	0	0	0	1	1	1	1
				b_6	0	0	1	1	0	0	1	1
				b_5	0	1	0	1	0	1	0	1
b_4	b_3	b_2	b_1	Pos	0	1	2	3	4	5	6	7
0	0	0	0	0	NUL		SP	0	@	P	@	p
0	0	0	1	1		DC_1	!	1	A	Q	a	q
0	0	1	0	2		DC_2	"	2	B	R	b	r
0	0	1	1	3		DC_3	#	3	C	S	c	s
0	1	0	0	4		DC_4	$	4	D	T	d	t
0	1	0	1	5			%	5	E	U	e	u
0	1	1	0	6			&	6	F	V	f	v
0	1	1	1	7	BEL		'	7	G	W	g	w
1	0	0	0	8	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
1	0	0	1	9	HT (FE1)	EM	)	9	I	Y	i	y
1	0	1	0	10	LF (FE2)	SUB	*	:	J	Z	j	z
1	0	1	1	11	VT (FE3)	ESC	+	;	K	@	k	@
1	1	0	0	12	FF (FE4)		,	<	L	@	l	@
1	1	0	1	13	CR (FE5)		-	=	M	@	m	@
1	1	1	0	14	SO		.	>	N	@	n	@
1	1	1	1	15	SI		/	?	O	_	o	DEL

Примечание. BEL — слышимый сигнал; BS — возврат на одну позицию; CAN — аннулирование; CR(FE5) — возврат каретки; DC_1—DC_4 — контрольное устройство; DEL — стирание (бездействие); EM — конец иосителя; ESC — выход (канала); FF(FE4) — подача бланка; HT(FE1) — горизонтальная таблица; LF(FE2) — перевод строки; NUL — нуль (бездействие); SO — выдвижение; SI — пробел; SUB — замена; VT(FE3) — вертикальная таблица; # — знак числа; $ — валютный знак; & — «И» (амперсенд); *a* (в кружочке) — эти позиции резервируются для национального использования.

таксические диаграммы, состоящие из символических блоков (рис. 4.1). Блоки соединяются направленными линиями следования. Блок может быть конечным (терминальным) или промежуточным (нетерминальным). Терминальные символы — это знаки или последовательности знаков, появляющиеся при вводе или выводе. Нетерминальные символы представляют в рамках данной синтаксической диаграммы наименование другой синтаксической диаграммы. Кроме того, для введения комментариев используются символы пояснения. Язык ввода в ЯЧМ содержит команды, которые начинаются кодом и содержат один или более блоков параметров. Блок параметров определяет и содержит некоторое количество информации. Параметры могут быть двух типов: определяемые наименованием параметров и позиционно-определяемые. Наименование параметра определяет его значение и интерпретацию. Значение параметра состоит из одного или нескольких аргументов параметра, которые являются элементами информации. Элемент информации (с точки зрения синтаксиса — самая малая единица информации) выражается числом (десятичным или недесятичным)



Условные обозначения символов

Наименование символа	Вводимые операторы	Порождаемые машиной операторы	Примечание
Терминальные	○	◎	Короткие символы
Нетерминальные	□	⧈	
Пояснения	---[n		n-порядковый номер комментария

Рис. 4.1. Диаграмма, характеризующая описание синтаксиса языка для связи «человек — машина»

либо в виде идентификатора или символического имени. Идентификатор — последовательность из одного или более знаков, начинающаяся с буквы и состоящая в остальном только из цифр и (или) букв. Идентификатором является код команды. Символическое имя — последовательность из одного или более знаков, содержащая буквы и (или) цифры, и (или) графические знаки, например 2ЧН, #6, +468719818.

Элементами информации могут быть числа десятичные (перед числом ставится Д′) или недесятичные (Н′ — шестнадцатиричные, О′ — восьмиричные, В′ — двоичные), разделители, индикаторы, управляющие знаки, знаки спецификации формата. Некоторые из основных элементов в синтаксических диаграммах не указываются, например знаки спецификации формата, разделители, индикаторы.

Аналогично синтаксису языка ввода определяется синтаксис языка вывода и диалога «человек—машина». На рис. 4.1 показана синтаксическая диаграмма построения последовательности введения блоков параметров при диалоге «человек—машина» [116].

С помощью языка «человек—машина» могут быть осуществлены многочисленные функции следующих видов:

общей эксплуатации, касающиеся абонентов, маршрутизации (направлений), нагрузки (трафика), тарификации, управления системой;

технической эксплуатации абонентских и соединительных линий, коммутационного поля, управляющих устройств;

монтажа оборудования;

ввода в эксплуатацию коммутационного поля, управляющих устройств;

испытаний.

4.1.4. Язык Ассемблера

Язык Ассемблера принадлежит к машинно-ориентированному языку программирования, занимая промежуточное положение между языком высокого уровня и машинным языком или автокодом. По сравнению с машинным языком он имеет ряд преимуществ, а именно позволяет:

значительно уменьшить время написания и разработки программ;

создавать программы, учитывающие специфику команд ЭУМ, для которой пишутся программы, т. е. является достаточно гибким;

уменьшить объем программ и время их работы, что являлось основным критерием при разработке программ при дорогих ЗУ и медленнодействующих ЭУМ;

создавать достаточно простые трансляторы для перевода программ с языка Ассемблера на машинный язык.

По сравнению с машинным языком язык Ассемблера значительно увеличивает время работы программ. Для каждой ЭУМ или семейства ЭУМ, а точнее, для каждой системы команд требуется свой язык Ассемблера. Однако можно отметить следующие общие для их всех отличительные черты:

коды операций записываются в виде сокращенных буквенных выражений, при этом для облегчения запоминания используются мнемонические сокращения;

как правило, каждая запись соответствует одной команде (трансляция 1:1);

используется символическая адресация, пишутся не абсолютные адреса, а относительные, взятые по отношению к определенной ячейке ЗУ или регистру (базовая ячейка или базовый регистр);

имеются команды, которые не транслируются на машинный язык, а служат для указаний Ассемблеру-транслятору (псевдокоманды, или просто псевдо);

операнды записываются в виде букв и цифр; длина операнд, как правило, определяется длинами соответствующих полей;

могут быть команды (макрокоманды), порождающие при трансляции несколько машинных команд; для перевода (трансляции) с языка Ассемблера на машинный язык используются программы-трансляторы, называемые Ассемблерами.

Иногда различают несколько видов языков Ассемблера, которые отличаются друг от друга по возможности трансляции. Подробное описание языков Ассемблера дано в [65].

4.1.5. Язык высокого уровня

Как уже отмечалось, из-за высокой стоимости ЗУ и малого быстродействия ЭУМ до последнего времени основными языками программирования в АТС был язык Ассемблера и только в последние годы начали использоваться языки высокого уровня, которые относятся к проблемно-ориентированным языкам.

При разработке любого языка программирования необходимо определить задачи, которые он решает, выбрать его характеристики и создать язык, который был бы удобен в чтении, использовании и компилировании [70]. Язык высокого уровня должен ориентироваться на решение проблем в управлении коммутационными станциями и не зависеть от типа управляющей машины. При его разработке учитываются следующие особенности коммутационных систем с программным управлением:

1. АТС являются сложными системами с большим числом одновременно работающих устройств и одновременных обращений обслуживающего персонала. Поэтому язык должен обеспечивать создание программ с возможностью их разделения (сегментирования) и позволять решать проблемы взаимодействия.

2. Многие процессы в АТС протекают в реальном времени. Это отражается в программах, и язык должен учитывать возможности работы в реальном времени.

3. Управляющие устройства АТС оперируют большим объемом данных. Необходимо определить способы доступа к данным и методы работы с ними. Эти операции выполняются на уровне языка или уровне программ. При разработке языка должен быть сделан соответствующий выбор.

4. Программное обеспечение АТС должно быть весьма надежным, поэтому к языку предъявляются такие требования, как надежность записи и компилирования.

5. Система АТС сложна, и язык должен строиться иерархическим, что влияет на структурные средства языка.

6. Для создания возможности модификации и удобств в эксплуатации программное обеспечение должно быть модульным. Поэтому язык должен основываться на модульных принципах и работать со структурами автоматически генерируемых данных.

7. Несмотря на ранее сказанное об удешевлении ЗУ и быстродействии ЭУМ, следует стремиться разрабатывать язык высокого

уровня таким, чтобы он обеспечивал создание возможно более эффективных программ.

Наряду с требованиями, вытекающими из объекта применения языка (АТС), имеется ряд специфически языковых требований, которые можно разделить на три основных класса: описание данных, описание действий и средства программных структур.

Данные разделяются на следующие типы:

элементарные (целочисленные, знаковые или символы, булевы, двоичные и другие с обычными действиями);

указательные (различают типовые указатели, которые всегда относятся к данным одного типа, и нетиповые, которые относятся к любым данным; отдельным видом указательных данных является дискриптор, который указывает адрес области изменяющихся данных и их длину);

символические, которые определяются программой и кодируются целочисленными или двоичными данными;

структурные — собственно данные, логически связанные друг с другом и группирующиеся в массивы, структуры и записи.

Более сложные данные закладываются непосредственно в языке или образуются существующими в нем средствами.

В описании действий над данными указываются способы представления более сложных типов данных и специфические действия над ними (очереди, пакетирование с операциями ВВОД и ВЫВОД и др.). Для работы с данными имеется несколько операций доступа к данным и извлечения данных, а также операции выражения. Операции выражения состоят из операторов и операнд; кроме обычных арифметических и булевых операторов (И, ИЛИ, НЕ) используются более комплексные операторы, например ВЫБРАТЬ СЛЕДУЮЩИЙ НЕ НУЛЕВОЙ БИТ. В языке предусматриваются метки и процедуры.

В процессе разработки языка определяются способы управления процессами и делается выбор между последовательным и конкурентным прохождениями управления.

Структура программ АТС строится по иерархическому принципу. Программы являются модульными. Каждый модуль составляет конструктивную единицу. Для лучшей обработки программы разделяются на блоки, подблоки и сегменты, которые образуют логические единицы. Для иерархического построения используются операторы НАЧАЛО ... КОНЕЦ блока и ПРОЦЕДУРА. Доступ к программам ограничивается. Структура программ должна быть логически стройной и ясной.

Пример записи программы на языке высокого уровня (POCOPAL) приведен в табл. 4.2 (показана несколько упрощенная процедура выполнения сокращенного набора номера [81]). Если абонент с тастатурного телефонного аппарата набирает два знака «звезда» (**), это значит, что ему требуется дополнительная услуга. После набора ** производится проверка: имеет ли абонент право пользования требуемой услугой. Если не имеет, то ему посылается сигнал отказа, а если имеет, то принимаются

Таблица 4.2. **Пример записи программы на языке высокого уровня**

'PROCEDURE' ABBREV DIALLING;	'процедура' сокращенный набор
'BEGIN'	'начать'
'IF' DIGIT 1-STAR 'AND' DIGIT 2-STAR	'если' цифра 1=звезда 'и' цифра 2=звезда
'THEN'	'тогда'
'BEGIN'	'начать'
'IF' SERVICE MARK (SUBSCRIBER)-NOT ALLOWED	'если' отметка обслуживания (абонент) = не разрешено
'THEN'	'тогда'
CONNECT FALL TONE	подключить сигнал отказа
'ELSE'	'иначе'
'BEGIN'	'начать'
CALLED NUMBER:=DIRECTORY (DIGIT 3)	вызываемый номер:=списочный (цифра 3)
ROUTING: TRANSLATE (CALLED NUMBER):	направлеиие:=пересчитать (вызываемый номер)
SWITCH CALL (ROUTING)	номер включения (направление)
'END'	'конец'
'END'	'конец'
ELSE'	'иначе'
OTHER FACILITIES	другие особенности
'END ABBREV DIALLING;	'конец' сокращенного набора

цифры сокращенного набора номера, которых может быть от одной до трех. Принятые цифры пересчитываются в полный номер, определяется место включения требуемой линии и устанавливается соединение. В этом примере следует обратить внимание на ясность для телефонистов записей в программе.

Программу, записанную на языке высокого уровня, другая программа (транслятор-компилятор) переводит на машинный язык и комплектует соответствующим образом.

Как уже отмечалось, в МККТТ подготовлены рекомендации по языку высокого уровня (ЯВУМ), которые вошли в силу с 1981 г. Этот язык удовлетворяет изложенным выше требованиям. В его алфавите использованы все элементы семибитового международного кода (табл. 4.3). Описания синтаксиса языка даны в виде графических диаграмм, подобных диаграмме, показанной на рис. 4.1.

4.2. Программирование в АТС

4.2.1. Развитие программирования

Программирование — процесс составления последовательности действий для управляющих устройств АТС, т. е. процесс составления программы работы АТС. В первых АТС с программным управлением программы писались на машинном языке, при этом программа работы АТС рассматривалась как единое целое. Вскоре после первых опытов программы стали писать на языках Ассемблера. Это позволяло достигать требуемого при работе в реальном времени быстродействия и эффективного использования ЗУ. Однако программы получались сложными. В них могли разобрать-

Таблица 4.3. **Алфавит языка программирования высокого уровня СНІІІ**

b_4	b_3	b_2	b_1	b_7 / b_6 / b_5	0 0 0	0 0 1	0 1 0	0 1 1	1 0 0	1 0 1	1 1 0	1 1 1
					0	1	2	3	4	5	6	7
0	0	0	0	0	NUL	TC_7	SP	0	@	P	`	p
0	0	0	1	1	TC_1	DC_1	!	1	A	Q	a	q
0	0	1	0	2	TC_2	DC_2	"	2	B	R	b	r
0	0	1	1	3	TC_3	DC_3	#	3	C	S	c	s
0	1	0	0	4	TC_4	DC_4	¤	4	D	T	d	t
0	1	0	1	5	TC_5	TC_8	%	5	E	U	e	u
0	1	1	0	6	TC_6	TC_9	&	6	F	V	f	v
0	1	1	1	7	BEL	TC_{10}	'	7	G	W	g	w
1	0	0	0	8	FE_0	CAN	(	8	H	X	h	x
1	0	0	1	9	FE_1	EM	)	9	I	Y	i	y
1	0	1	0	10	FE_2	SUB	*	:	J	Z	j	z
1	0	1	1	11	FE_3	ESC	+	;	K	[	k	{
1	1	0	0	12	FE_4	IS_4	,	<	L	\	l	|
1	1	0	1	13	FE_5	IS_3	–	=	M	]	m	}
1	1	1	0	14	SO	IS_2	.	>	N	∧	n	–
1	1	1	1	15	SI	IS_1	/	?	O	_	o	DEL

Примечание. IS — разделитель информации; TC — символ связи (знак управления передачи); остальные обозначения такие же, как в табл. 4.1.

ся только авторы программ. А в ряде случаев возникала необходимость в изменении и дополнении программ, причем эти работы должны были выполнять другие лица. Требовались значительные затраты труда и времени.

Накопленный практический опыт составления программ для АТС, теоретические и практические исследования в области программирования как науке, развитие программирования в других отраслях техники, и в первую очередь вычислительной, изменение соотношения стоимости на программное обеспечение и аппаратные средства привели к пересмотру основ и языков программирования [7].

Было установлено, что в реальном времени необходимо выполнять только обработку сигналов взаимодействия с внешними устройствами, другие программы могут работать в режимах, удобных для АТС. Кроме того, было определено, что ряд некритичных программ может быть написан телефонистами. Такие программы отличаются наглядностью и ясны телефонистам, не знакомым с программированием. Это были первые опыты использования языка высокого уровня. Большие проведенные работы привели к созда-

нию нескольких языков высокого уровня, ориентированных на применение в коммутационных системах связи. Языки высокого уровня позволили пересмотреть отношение к программированию в целом. Целью работы является создание алгоритма, который бы конкретно и однозначно определял автоматическую процедуру нахождения решения поставленной задачи, а преобразование алгоритма в программу — это автоматические средства. В теоретических доказательствах корректности программ показано, что построение программ с конструкцией GO TO не оптимально. Оптимально использование циклов небольших замкнутых конструкций типа ЕСЛИ, ТО; ДЛЯ и ДО ТЕХ ПОР, ПОКА (см. табл. 4.2). Применение таких конструкций позволяет обеспечить системное программирование как для выполнения критических программ в реальном времени, так и для четкого программирования некритических заданий.

В процессе развития программирования была установлена целесообразность использования в программном обеспечении АТС операционной системы, аналогичной операционным системам универсальных ЭВМ, модульности программ с возможностью их наращивания. Так как программы тщательно отрабатывались и писались на языке Ассемблера, а приоритеты и последовательности выбирались с учетом логики программ, то в них не возникали критические и тупиковые ситуации. Этому способствовало также наличие программ-планировщиков, которые являлись составной частью общей программы. Важным было использование в программе регистра вызовов РВ программно-организованного ЗУ, в котором записывалась информация, относящаяся к обслуживаемому вызову в процессе установления соединения. Число РВ равнялось числу обрабатываемых вызовов. После установления соединения в «разговорном» состоянии соединения необходимая информация (номера соединенных линий и некоторые другие данные) с целью уменьшения общего объема ЗУ переписывалась в регистры меньшего объема, программно закрепляемые за соединением.

В ходе обслуживания вызова РВ указывают последовательность команд, которые должны быть выполнены. Так как регистров вызовов много, то возможны случаи, когда несколько РВ одновременно указывает одну и ту же последовательность команд и требует ее выполнения. Регистр вызовов в совокупности с выполняемой им или предлагаемой к выполнению программой в современной терминологии программирования называют процессом.

Управление различными соединениями в АТС не может происходить независимо. Имеются некоторые участки, например КП, и отрезки времени, когда требуется разделить установление различных соединений во времени. В таких случаях необходима единая программа, которая бы следила за состоянием соединений, управляла ими и доводила их до конца. Такие программы называют мониторами. В современных больших операционных системах все программы делятся на программы-процессы и программы-мониторы.

Для обеспечения возможности внесения изменений и добавлений в программы, составленные на языке Ассемблера, и достижения наибольшей эффективности приходится изучать, модифицировать и отлаживать большое число программ. Применение языка высокого уровня без использования конструкции типа GO TO позволяет облегчить эту задачу.

Еще одна сложность создания программного обеспечения заключалась в использовании для связи между различными программами общего ЗУ, где хранились данные. При изменении одних программ необходимо было тщательно следить, чтобы не внести изменений в другие.

В современных программах поле данных закрепляется за одной программой. При необходимости передать данные другой программе требуется выполнение определенной процедуры взаимодействия с программой «хозяином» данных. Программа «хозяин» имеет подпрограммы, которые управляют доступом к данным. Такое решение позволяет иметь дело с определенной подпрограммой или процедурой.

Взаимодействие между программами в больших системах ПО для сохранения модульной структуры производится по строгим правилам. Это взаимодействие осуществляется вызовом процедуры, в описании которой указано число параметров, подлежащих обмену. Вызывающая процедура должна обеспечивать число и тип параметров, которые оговорены в описании вызываемой процедуры. Процедурный способ обмена информацией между программами основан на использовании языков высокого уровня и применяется в основном для обмена в программах процессов и мониторах. Один процесс может запросить другой о проведении некоторой операции, требующей значительного времени, например установления соединения в КП. Первый процесс ждет ответного сообщения о том, что задание выполнено. В ответном сообщении могут содержаться и некоторые результаты выполнения задания. Таким способом несколько процессов могут взаимодействовать друг с другом. Созданием соответствующих программ-мониторов можно добиться передачи сообщений по линиям связи от одного процессора к другому и обеспечить обработку вызова несколькими процессорами.

Таким образом, последовательности этапов установления соединений на АТС представлены программами процессов. Остановку процесса в ожидании сообщения можно рассматривать как некоторое устойчивое состояние в последовательности установления соединения. Следовательно, состояния, которые принимают процессы, сообщения, которыми они обмениваются, и последовательности этапов, которые они проходят от одного устойчивого состояния до другого, образуют полное описание телефонных функций пакета программ. Это дает возможность установить четкое соответствие между программами и описаниями телефонных процессов, выполненных на языке описаний (см. разд. 4.1.2), и строить ПО в полном соответствии с внутренней логикой работы АТС.

Составленный по модульному принципу пакет программ состоит из программ процессов и программ-мониторов, за которыми закрепляются области данных. Эти программы имеют строгие правила взаимного обмена информацией. Они содержат описания процедур и определения типов сообщений. Любую программу в модуле можно заменить или изменить, не затрагивая других программ. Возможно частичное изменение стыковой части, но благодаря ясности и четкости взаимодействия эти изменения легко контролируются.

В процессе развития сети могут изменяться число абонентских и соединительных линий, число направлений и распределение линий по направлениям, категории абонентов и др. Все изменения требуют внесения изменений в программы. Для обеспечения такой возможности создавалась типовая программа, в которой в таблицах для каждого вида изменяющегося оборудования предусматривалось разное число строк, и строки имели разные адреса, которые считались параметрами станции. Программа была общей для однотипных станций. При подготовке программы для конкретной станции в таблицы заносились численные значения ее параметров. При изменении условий на существующей АТС в таблицу необходимо было вносить дополнения. Если таблицы в памяти были упакованы плотно, то требовался сдвиг всех таблиц, что приводило к перезаписи программы. Даже если в таблицах предусматривались запасные строки, то во многих случаях требовалась перезапись программ. Перезапись программ выполнялась в специальных организациях. Для облегчения внесения изменений данных в программах была введена косвенная адресация данных, при которой создается специальная область памяти для таблицы ссылок, где хранятся все адреса параметров станции. При изменении данных в ЗУ выделяется область, в которую записываются новая таблица данных и старые данные. Когда новая таблица подготовлена, изменяется таблица ссылок, которая теперь указывает на новую таблицу данных. Старую таблицу можно стереть, освободив область памяти.

При наличии таблицы ссылок можно работать с описателями (дискрипторами), которые позволяют задавать форматы таблиц и управлять доступом к ним, а также перемещать таблицы из одного места памяти в другое, не нарушая работы системы. Если расширить адресную часть описателя, то адрес каждой программы либо ее процедуры можно задавать с помощью описателя.

В настоящее время общее признание в программном обеспечении АТС получили операционная система, содержащая программы процессов и программы-мониторы, модульность, косвенная адресация, а также необходимость программирования на языках высокого уровня.

Программное обеспечение АТС представляется в виде блок-схем и описаний алгоритмов; блок-схем программ и программ, написанных на принятом для данной системы языке, с пояснениями; транслированных на машинный язык программ, представляемых в

виде магнитных или перфолент; инструкций по пользованию ПО и другой документации.

Процесс программирования разбивается на несколько этапов: исходная формулировка задачи, алгоритмическое описание процесса с составлением блок-схем процессов (алгоритмы и блок-схемы алгоритмов), написание программы на языке высокого уровня или (чаще) Ассемблере, проверка и отладка программы на ЭВМ общего назначения, трансляция программы в ЭУМ и проверка ее в реальных условиях работы.

В некоторых случаях может потребоваться, чтобы определенная ЭУМ работала по программам, разработанным для других ЭУМ. В этих случаях ранее разработанные программы с помощью специальных программ переводятся в программы, по которым может работать другая ЭУМ. Этот метод приспособления программ называют эмуляцией.

4.2.2. Алгоритмы

Под алгоритмом понимается всякое точное предписание, которое задает какой-либо процесс. Алгоритмы АТС определяют порядок работы всей АТС и ее отдельных частей. Алгоритм работы телефонного устройства может быть представлен либо в виде словесного описания порядка работы устройства, либо графически — в виде блок-схемы алгоритма, либо написан на специальном алгоритмическом языке. Поскольку реализация алгоритма осуществляется программой работы, то иногда под алгоритмом понимают и программу его реализации [31]. Рассмотрим в качестве примера алгоритм сканирования шнуровых комплектов ШК.

При установлении внутристанционных соединений требуется найти свободный ШК (рис. 4.2) для подключения к нему абонентских линий. При отбое также необходимо обнаружить освободившийся ШК и нарушить соединение. Шнуровые комплекты имеют точки сканирования, по состоянию которых определяется их незанятость и прием ими сигнала отбоя. Шнуровые (и другие) комплекты группируются. Число комплектов в группе определяется длиной машинного слова и способами сканирования.

Команда на сканирование ШК, например, при установлении соединения поступает из ЭУМ. По этой команде организуется цикл сканирования (по группам, порядок следования групп и т. п.). Результаты сканирования каждой группы сравниваются с результатами, хранящимися в памяти (ОКП). По результатам сравнения определяется, имеются ли изменения в состоянии ШК. Если имеется несколько групп ШК, то процесс сканирования повторяется циклически для каждой группы, при этом в каждом цикле изменяются (модифицируются) команды и адрес данных.

В ходе сканирования определяется и производится выбор свободного ШК, после чего в ЗУ находится свободный регистр станционных комплектов РСК и в него записывается состояние ШК. На этом сканирование ШК заканчивается.

Рис. 4.2. Блок-схема алгоритма сканирования ШК

4.2.3. Разработка программ

При разработке программы первоначально по блок-схеме и описанию алгоритма составляется блок-схема программы, определяются область ЗУ, предназначенная для хранения этой программы, и способ адресации команд и данных. По блок-схеме программы определяются подпрограммы. Подпрограммы пишутся на языке высокого уровня или Ассемблера, а затем отлаживаются. В результате получают работающую программу в виде перфокарт, перфолент или магнитных лент и запись программы с пояснениями (листинг), выдаваемую ЭВМ, на которой проводилась отладка. Если программа писалась на языке Ассемблера, то ЭВМ может оттранслировать программу в машинных кодах.

На рис. 4.3 приведена блок-схема программы сканирования ШК, соответствующая рассмотренному (см. рис. 4.2) алгоритму их сканирования. Программа разбита на десять частей. Некоторые

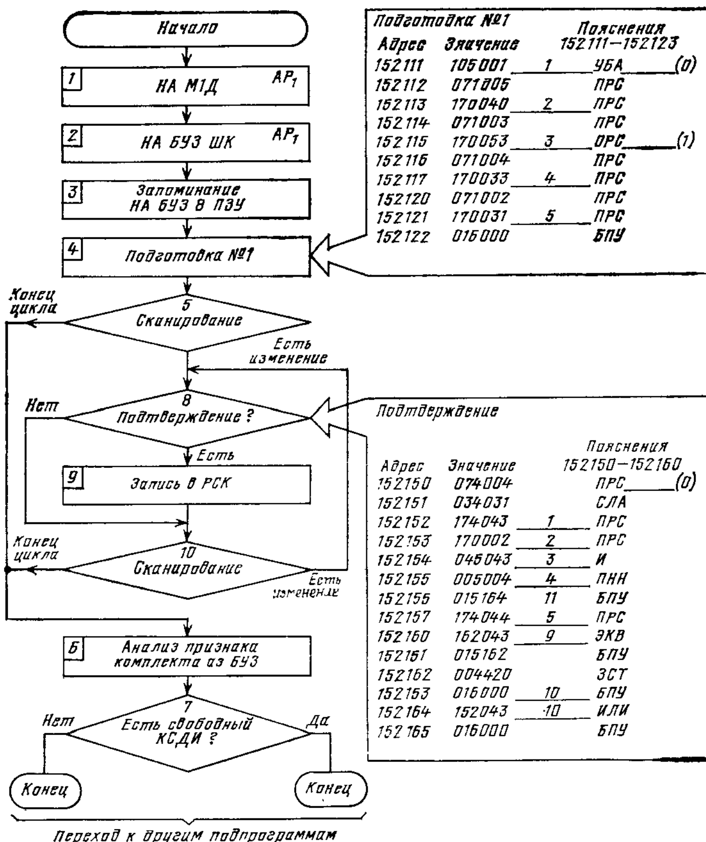


Рис. 4.3. Блок-схема программы сканирования ШК и примеры записи отдельных частей программы в кодах ЭУМ

$АР_1$ — адресный регистр 1; БПУ — команда безусловной передачи управления; ЗСТ — запись стека; И — команда логического умножения; ИЛИ — команда логического сложения; М1Д — первый массив данных; ПНН — пропустить, если не все нули; ПРС — команда пересылки; РСК — регистр сканирования; СЛА — сложение арифметическое; УБА — установка базы адреса; ЭКВ — команда эквивалентности

части программы повторяются, например пятая и десятая, и могут быть одинаковыми. В программе есть один цикл: переход из десятой части в восьмую. На основании этой блок-схемы на языке Ассемблера написана программа, листинг которой дан в табл. 4.4. В программе указываются адреса и коды команд, порядковые номера, мнемоническая запись команд и пояснения. Практически программа сканирования размещается на одном формате.

В качестве примера на рис. 4.3 дана распечатка двух частей программы в машинных кодах. Как можно видеть из табл. 4.4 и рис. 4.3, запись в машинных кодах более громоздка и менее наглядна, чем на языке Ассемблера. Однако для работы ЭУМ указанные машинные коды не используются. Эти коды транслируются

Таблица 44. **Программа сканирования комплектов ШК**

Адрес	Код команды					
						1.
		223	*			Подготовка НА БУЗ ШК ЦС и запоминание В ОЗУ
ØØØØ22	1ØØ2ØØ	224			LB	B1, AMABUS
ØØØØ23		225			USING	MABUS, B1
ØØØØ23	ØØØØØØ	226			LB	B1, AØ2MABUS
ØØØØ24		227			USING	BUSØ3, B1
ØØØØ24	Ø7ØØØ3	228			LR	R1, B1
000025	17ØØ63	229			ST	R1, 51*W(ZT)
		23Ø	*			2.
		231	*			Подготовка информации сканирования из зоны сохранения ОЗУ
ØØØØ26	Ø7ØØ7Ø	232		SKLKSS1	L	R1, 56*W(ZT)
ØØØØ27	1Ø4ØØ1	233			LBR	B2, R1
ØØØØ3Ø	Ø7ØØ71	234			L	R1, 57*W(ZT)
ØØØØ31	17ØØ52	235			ST	R1, 42*W(ZT)
ØØØØ32	Ø7ØØ72	236			L	R1, 58*W(ZT)
ØØØØ33	17ØØ63	237			ST	R1, 51*W(ZT)
ØØØØ34	Ø7ØØ73	238			L	R1, 59*W(ZT)
ØØØØ35	17ØØ6Ø	239			ST	R1, 48*W(ZT)
ØØØØ36	Ø7ØØ74	24Ø			L	R1, 6Ø*W(ZT)
ØØØØ37	1ØØØØ1	241			LBR	B1, R1
ØØØØØØ		242			USING	B1, BUS
		243	*			3.
		244	*			Переход к подпрограмме «Подготовка № 1»
ØØØØ4Ø	Ø123Ø6	245			BALZP	⟨APODG11⟩
ØØØØ41	Ø11Ø46	246			BAL	M1
ØØØØ42	Ø11Ø5Ø	247	MØ		BAL	M2
		248	*			4.
		249	*			Переход к подпрограмме «Запись в РСК»
ØØØØ43	Ø12325	25Ø			BALZP	⟨AZAPRSK⟩
ØØØØ44	Ø11Ø52	251	M4		BAL	M3
ØØØØ45	Ø15Ø42	252	M5		B	MØ
		253	*			5.
		254	*			Переход к подпрограмме «Сканирование ЦС № 1»
ØØØØ46	Ø123Ø2	255	M1		BALZP	⟨ASKCS11⟩
ØØØØ47	Ø15Ø54	256			B	M6
		257	*			6.
		258	*			Переход к подпрограмме «Подтверждение»
ØØØØ5Ø	Ø12324	259	M2		BALZP	⟨APODTV⟩
ØØØØ51	Ø15Ø44	26Ø			B	M4

		261	*	7.	
		262	*	Переход к подпрограмме «Сканнрование ЦС № 1»	
∅∅∅∅52	∅ 1 2 3 ∅ 3	263	M3	BALZP	<ASKCS12>
∅∅∅∅53	∅ 1 5 ∅ 4 5	264		B	M5
∅∅∅∅54	∅ 7 ∅ ∅ ∅ 1	265	M6	NOP	
		266		END	

(1:1) в двоичные машинные коды и только после этого вводятся в машину.

4.2.4. Состав программ

Различают программы рабочие и диагностические, проверки работоспособности станции и отдельных устройств [3]. В комплекс рабочих программ входят:

операционная система и программы сопряжения (интерфейса) между операционной системой и другими рабочими программами;

программы обработки вызовов;

административные и эксплуатационные программы;

программы технического обслуживания.

Операционная система выполняет функции, общие для программы обработки различных видов вызовов. В нее входят программы-мониторы, программы ввода—вывода, программы распределения ресурсов в ЗУ системы, программы пересчета.

Программы-мониторы предназначены для запуска различных программ в требуемой временно́й последовательности и контроля за выполнением этих программ в нормальных рабочих условиях и при перегрузке. Обычно предусматриваются следующие виды мониторов:

монитор уровня прерывания от средств синхронизации (часов), обеспечивающий запуск программ с точной выдержкой по времени;

монитор базового уровня для запуска программ без точной выдержки по времени;

системный монитор, обеспечивающий реакцию системы при перегрузке и распределение нагрузки на управляющую машину;

административный монитор, обеспечивающий управление загрузкой и выполнением программ, постоянно находящихся во внешних ЗУ и загружаемых при необходимости в ЗУ ЭУМ.

Программы ввода—вывода управляют соответствующей информацией для телефонных периферийных устройств, периферийных устройств системы (межмашинная связь) и периферийных устройств ЭУМ (внешних ЗУ, телетайпов и др.).

Программы распределения ресурсов системы подразделяются на программы распределения ресурсов аппаратной части (поиск путей в коммутационном поле, выбор комплекта в требуемом направлении и т. п.) и программы распределения ресурсов программного обеспечения (распределение массивов в ЗУ).

Программы пересчета обеспечивают необходимый пересчет номеров абонентских комплектов в списочные номера и наоборот, пересчет для анализа номера телефона вызываемого абонента, пересчет кодов в номера направлений и др.

Программное обеспечение интерфейса между операционной системой и другими рабочими программами состоит из таблиц и библиотеки процедур, которые используются различными программами для обращения к операционной системе.

Программы обработки вызовов используются непосредственно для обслуживания вызовов, поступающих на АТС. Они включают программы управления последовательностью установления соединения, обработки телефонных сигналов, предоставления дополнительных услуг. Программы управления последовательностью установления соединения содержат программы искания свободных путей в КП и свободных комплектов, программы установления соединений при внутристанционных, входящих, исходящих и транзитных вызовах и программы посылки тональных сигналов. Программы обработки телефонных сигналов осуществляют, во-первых, анализ сигналов, принятых программами сканирования, и, во-вторых, выработку или соответствующих сигналов, подлежащих передаче, или решений об этапах дальнейшей обработки вызова.

Эксплуатационные и административные программы позволяют вносить в программное обеспечение АТС все необходимые изменения, связанные с эксплуатацией станции: изменения номеров абонентских линий, комплектов, путей в КП, данных о тарификации, а также сбор и фиксацию статистических данных о нагрузке, сбоях, повреждениях.

Программы технического обслуживания предназначены для обеспечения работоспособности системы при появлении неисправностей, для автоматизации процесса обнаружения, локализации и устранения неисправностей. Эти программы выполняются по запросу обслуживающего персонала, периодически или по сигналу о появлении неисправности.

Программы имеют различную степень важности и срочности выполнения, поэтому им придают разные приоритеты в реализации. Наиболее важные программы выполняются в первую очередь.

Таблица 4.5. Объем программного обеспечения в АТС большой емкости

Виды программ	Число блоков программы	Объем разработки, чел.-годы	Объем программы, К слов	Производительность, К слов чел.-год	Примечание
Операционные	60	101	52	0,516	Писались на языке Ассемблера
Эксплуатационные	36	81	51	0,630	
Компилирующие	13	17	38	2,230	Писались на языке высокого уровня
Пересчета	15	11	25	2,270	
Итого	124	210	166	5,646	

Объем программного обеспечения АТС средней и большой емкостей очень велик (табл. 4.5).

В действительности за счет диагностических программ объем программ почти удваивается и для АТС большой емкости (АТС ESS № 1 и D-10) приблизительно составляет 250 К слов [68]. В других АТС он может значительно отличаться, например АТС 10С — 83 К, АТС № 2 ESS — 60 К, АТС SP-1 — 22 К.

Требования к программному обеспечению АТС, состав программ и их организация наиболее полно изложены в [27].

Глава 5

Сети связи с квазиэлектронными и электронными АТС

5.1. Сигнализация на сетях связи с квазиэлектронными и электронными АТС

5.1.1. Децентрализованные системы сигнализации

В электромеханических системах АТС для связи между станциями по соединительным линиям используются системы сигнализации, в которых линейные сигналы и сигналы управления передаются по тем же самым линиям или каналам, по которым передаются разговорные сигналы. Такие системы называются децентрализованными. В децентрализованных системах сигнализации сигнальная информация передается по индивидуальным разговорным каналам или по выделенным сигнальным каналам, которые придаются каждому разговорному каналу. В процессе установления соединения имеют место два вида сигнализации — линейная и управляющая или межрегистровая.

Линейная сигнализация (линейные сигналы) определяет фазу (стадию) установления соединения. Эти фазы отмечаются состоянием соответствующих линейных комплектов. Линейные комплекты децентрализованной системы сигнализации являются устройствами, приданными индивидуально каждой соединительной линии.

Задачей управляющей или межрегистровой сигнализации является передача сигналов управления соединением, например номера вызываемого абонента. Оборудование управляющей сигнализации используется только на время установления соединения и обычно является общим для пучка соединительных линий или каналов. Информация управляющей сигнализации (управляющие сигналы) передается импульсами постоянного тока или частотными (многочастотными) сигналами по разговорному каналу.

В АТС с общим управлением возможно использование централизованных систем сигнализации. В этом случае организуется специальный общий канал сигнализации ОКС, по которому передаются все сигналы, необходимые для установления соединений по одной или нескольким группам каналов. Сигналы передаются двоичным кодом. Каждому сигналу придан адрес, указывающий, к какому разговорному каналу относится данный сигнал. Код сигнала, адрес и при необходимости другая дополнительная информация составляют сигнальную единицу СЕ. Следовательно, вся информация по ОКС передается в составе СЕ. Известно несколько систем ОКС, которые различаются между собой структурой или форматами сигнальных единиц и методами организации переспроса поврежденных СЕ.

Централизованная сигнализация по общему каналу имеет следующие преимущества по сравнению с децентрализованными системами сигнализации:

высокую скорость передачи сигналов, что обеспечивает малое время установления соединения;

практически неограниченный состав сигналов и легкое расширение состава сигналов вследствие большого резерва кодов;

упрощенные линейные комплекты;

возможность двустороннего использования разговорных каналов;

более простое построение разговорных каналов;

отсутствие непосредственного взаимного влияния передаваемых сигналов сигнализации на разговорные сигналы и наоборот.

Несколько децентрализованных (R1 и R2) и централизованных (№ 6 и 7) систем сигнализации изучены и рекомендованы МККТТ для применения на телефонных сетях. Наибольшее распространение на национальных сетях нашла децентрализованная система сигнализации R2.

В квазиэлектронных и электронных АТС используются как децентрализованные, так и централизованные системы сигнализации. Децентрализованные системы сигнализации в основном используются для связи с АТС электромеханических систем, а также для связи с однотипными станциями при малом числе соединительных линий в пучке, когда организация ОКС неэкономична. Централизованные системы сигнализации (ОКС № 6 и ОКС № 7) применяют для связи с однотипными АТСКЭ и АТСЭ при достаточно большом числе соединительных линий в пучке. Для организации ОКС могут быть использованы физические линии, стандартные каналы ТЧ систем передачи с частотным и временным разделением каналов [60].

В АТСКЭ соединительные линии включаются в линейные комплекты и линейные сигналы принимаются непосредственно в ИКСЛ, ВКСЛ и ШК, из которых они передаются в ПУУ, а затем далее в ЦУУ. По соответствующим командам из ЦУУ и ПУУ передача линейных сигналов может осуществляться непосредственно из ВКСЛ и ИКСЛ. Сигналы управления принимаются и передаются соответственно приемниками Пр и передатчиками Пер, которые на этапе установления соединения через коммутационное поле подключаются к линиям и каналам. Квазиэлектронные АТС обычно содержат несколько типов приемников и передатчиков, рассчитанных на требуемые способы передачи сигналов управления. Например, для телефонной сети СССР требуются приемники и передатчики для двух способов передачи сигналов управления: декадного и многочастотного кодом «2 из 6».

В цифровые АТСЭ аналоговые соединительные линии с децентрализованной сигнализацией включаются в устройства, обеспечивающие аналого-цифровое преобразование разговорных сигналов (см. рис. 2.43). В этих же устройствах происходят преобразование линейных сигналов и введение их и сигналов управления, передаваемых декадным кодом, в сигнальные каналы тракта ИКМ. При связи АТСЭ с другими станциями по каналам ИКМ линейные сигналы и сигналы управления декадным кодом передаются по сигнальному каналу тракта ИКМ. Многочастотные сигналы управления, поступающие по разговорным каналам с координатных и квазиэлектронных АТС, преобразуются в цифровую информацию ИКМ, после чего через цифровое КП поступают на приемные устройства АТСЭ (рис. 5.1). Устройства сигнализации УС цифровой АТС разделены на три вида: устройства сигнализации, работающие по ОКС (УС ОКС), работающие по разговорным каналам (УС РК) и по 16-му каналу (УС 16К).

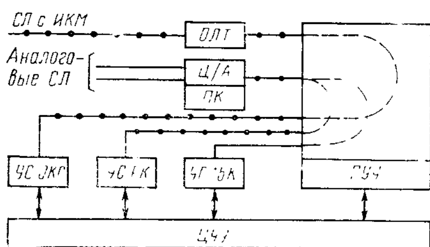


Рис. 5.1. Включение каналов сигнализации в цифровые электронные АТС

Для сигнализации в системах ИКМ выделяется 16-й канал, в котором методами вторичного временного деления в соответствии с рекомендациями МККТТ организуются 30 сиг-

нальных каналов [50]. Кадр, состоящий из 16 циклов, образует сверхцикл (см. разд. 1.6 и рис. 1.40). В сверхцикле имеется 16 шестнадцатых временных каналов (положений), каждый из которых содержит кодовое слово, состоящее из 8 бит. Кодовое слово 16-го канала нулевого цикла используется для синхронизации (рис. 5.2). Каждое кодовое слово 16-го канала остальных 15 циклов делится на две части, содержащие по 4 бита. Эти биты обозначаются буквами a, b, c, d и используются для передачи сигналов, при этом каждые 4 бита закреплены за определенным разговорным каналом. В первом цикле первые 4 бита 16-го канала закреплены за нулевым разговорным каналом, вторые 4 бита — за 17-м разговорным каналом, во втором цикле – первые 4 бита за первым разговорным каналом и т. д. Таким образом, в одном сверхцикле организована сигнализация для 30 разговорных каналов.



Рис. 5.2. Структура сигнальных каналов в сверхцикле

Потоки битов, обозначенных буквами a, b, c, d, можно рассматривать как своеобразные цифровые каналы, работающие со скоростью 500 бит/с (64 000 : : 16 : 8). Эти цифровые каналы называют сигнальными каналами. Таким образом, в системах передачи с ИКМ для каждого разговорного канала в 16-м канале предусматриваются четыре сигнальных канала. Практически может быть использовано меньшее число каналов, например два.

На цифровой АТСЭ 16-е каналы систем ИКМ через КП постоянно скоммутированы на УС 16К, где производятся обработка и анализ поступающих сигналов. Из этих же устройств осуществляется передача сигналов на встречные АТС. Обычно к УС 16К подводится групповой тракт со скоростью передачи 2048 кбит/с, в котором содержатся 30 шестнадцатых каналов от 30 систем ИКМ. Следовательно, одно УС 16К обслуживает 900 разговорных каналов.

Наибольшее распространение на национальных сетях получила децентрализованная система сигнализации R2, которая используется в аналоговом и цифровом вариантах [55].

В цифровом варианте сигнализации R2 для передачи линейных сигналов предусматриваются два выделенных канала сигнализации в каждом направлении передачи. Это позволяет увеличить число сигналов и приводит к упрощению оборудования за счет ликвидации временных выдержек, присущих аналоговому варианту (табл. 5.1).

Время перехода в канале сигнализации от «0» к «1» или от «1» к «0» составляет 20±10 мс. Разница во времени передачи между двумя изменениями сигнальных состояний, предназначенных для одновременного использования на двух каналах сигнализации в том же самом направлении передачи, не должна превышать 2 мс.

Для приема и передачи сигналов управления, кодируемых многочастотным кодом, используется устройство сигнализации разговорных каналов УС РК, которое при установлении соединения подключается для приема сигналов к разговорным каналам. С коммутационным полем УС РК связано трактами со скоростью передачи 2048 кбит/с и, следовательно, может одновременно обслуживать 30 соединений. Приемники и передатчики, применяемые в УС РК, обычно обрабатывают многочастотные сигналы непосредственно в цифровой форме без аналого-цифрового преобразования.

Передача управляющей информацией (межрегистровая сигнализация) в системе R2 имеет следующие отличия. Сигналы передаются одновременно в обо-

Таблица 5.1. **Кодирование линейных сигналов в цифровом варианте системы сигнализации R2**

Вид сигнала	Код	
	Канал *a*	Канал *b*
Прямое направление		
Занятие	0	0
Разъединение	1	0
Обратное направление		
Свободно	1	0
Подтверждение занятия	1	1
Ответ	0	1
Отбой	1	1
Блокировка	1	1

их (прямом и обратном) направлениях. Передача в прямом направлении производится непрерывно до получения сигнала подтверждения, что значительно повышает помехоустойчивость системы. Для передачи используются коды «2 из 6» в прямом направлении и «2 из 5» в обратном направлении. В некоторых странах в обратном направлении используют код «2 из 4». Обмен сигналами между управляющими устройствами (регистрами) происходит из конца в конец, что дает возможность применить единую систему сигнализации на местных, междугородных и международных сетях. При межрегистровой сигнализации каждый сигнал передается переменным током двух частот (табл. 5.2), которым присвоены индекс (X) и вес (Y).

Каждому сигналу присваивается порядковый номер (табл. 5.3), численная величина которого получается суммированием индекса первой и веса второй частот, используемых в комбинации двух частот.

Таблица 5.2. **Индекс и вес сигналов в системе сигнализации R2**

Частота сигнала, Гц, в направлении		Индекс X	Вес Y	Частота сигнала, Гц, в направлении		Индекс X	Вес Y
прямом	обратном			прямом	обратном		
1380	1140	0	0	1740	780	3	4
1500	1020	1	1	1860	660	4	7
1620	960	2	2	1980	540	5	11

5.1.2. Система сигнализации по общему каналу

Для передачи сигналов по ОКС в АТСКЭ и АТСЭ предусматривается специальное оборудование (рис. 5.3) [40], состоящее из буферного запоминающего устройства БУ, устройства защиты от ошибок УЗО, модуляторов и демодуляторов — модемов М и управляющего устройства УУ. Устройство защиты от ошибок выполняется индивидуальным для каждого ОКС или групповым (ГУЗО) для нескольких ОКС. Функции УЗО может выполнять и ЭУМ. Аппаратура ОКС подключается к ЦУУ через мультиплексный канал на правах внешнего устройства ЭУМ либо через шины аналогично ПУУ (показано пунктиром).

Таблица 5.3. **Межрегистровые сигналы в системе сигнализации R2**

Номер сигнала (X+Y)	Прямое направление			Обратное направление		
	Наименование сигналов		Передаваемые частоты, Гц	Наименование сигналов		Передаваемые частоты, Гц
	Группа I	Группа II		Группа A	Группа B	
1	2	3	4	5	6	7
1(0+1)	Цифра 1	Обычный абонент	1380+1500	Передать следующую цифру ($n+1$)	Резерв для специального использования	1140+1020
2(0+2)	Цифра 2	Приоритетный абонент (на национальной сети)	1380+1620	Повторить ранее переданную цифру ($n-1$)	Передать специальный информационный сигнал	1140+960
3(1+2)	Цифра 3	Оборудование техобслуживания	1500+1620	Адрес полный. Переход на сигналы группы B	Абонентская линия	1020+960
4(0+4)	Цифра 4	Резерв	1380+1740	Перегрузка на национальной сети	Перегрузка	1140+780
5(1+4)	Цифра 5	Телефонист	1500+1740	Передать категорию вызывающего абонента	Несуществующий номер	1020+780
6(2+4)	Цифра 6	Передача данных	1620+1740	Адрес полный, оплата. Переход в состояние разговора	Абонентская линия свободна, оплата	960+780
7(0+7)	Цифра 7	Абонент (или телефонист) без возможности вмешательства	1380+1860	Передать вторую от конца цифру ($n-2$)	Абонентская линия свободна, без оплаты	1140+660

Окончание табл. 5.3

1	2	3	4	5	6	7
8(1+7)	Цифра 8	Передача данных	1500+1860	Передать третью от конца цифру (*n*—3)	Абонентская линия неисправна	1020+660
9(2+7)	Цифра 9	Приоритетный абонент (на международной сети)	1620+1860	Резерв для использования на национальных сетях		960+660
10(3+7)	Цифра 0	Телефонист с возможностью вмешательства	1740+1860			780+660
11(0+11)	Выход к коммутатору входящих соединений	Резерв для использования на национальных сетях	1380+1980	Передать индикатор кода страны	Резерв для использования на международной сети	1140+540
12(1+11)	Выход к коммутатору замедленных соединений		1500+1980	Передать код языка		1020+540
13(2+11)	Доступ к испытательному оборудованию		1620+1980	Указать место исходящего международного регистра R2		960+540
14(3+11)	Включение эхо-заградителя		1740+1980	Запросить информацию по включению эхо-заградителя		780+540
15(4+11)	Окончание набора		1860+1980	Перегрузка на международной станции		660+540

Примечания: 1. В сокращенном обозначении сигнала сначала указывается группа и через тире — номер сигнала. 2. Сигналы II-1—II-6 используются только в национальных сетях. 3. Сигналы II-7—II-10 используются только для международной связи.

При передаче сигналов ЦУУ определяет, какой сигнал должен быть передан, указывает адрес, т. е. номер направления (пучка СЛ) и номер СЛ, затем кодирует эту информацию и передает в БУ. Из БУ информация поступает в УЗО, которое в зависимости от поступившей информации и принятого способа защиты добавляет защитную информацию и формирует сообщение. Затем сообщение поступает в модем, который передает его в линию. Если ОКС организуется по каналам частотных систем передачи, то сигналы передаются со скоростью 1200 или 2400 Бод с использованием фазоразностной модуляции. При организации ОКС по физическим линиям сигналы передаются знакопеременными импульсами постоянного тока со скоростью 2400—19 200 Бод. По каналам ИКМ передача может вестись со скоростью до 64 000 бит/с.

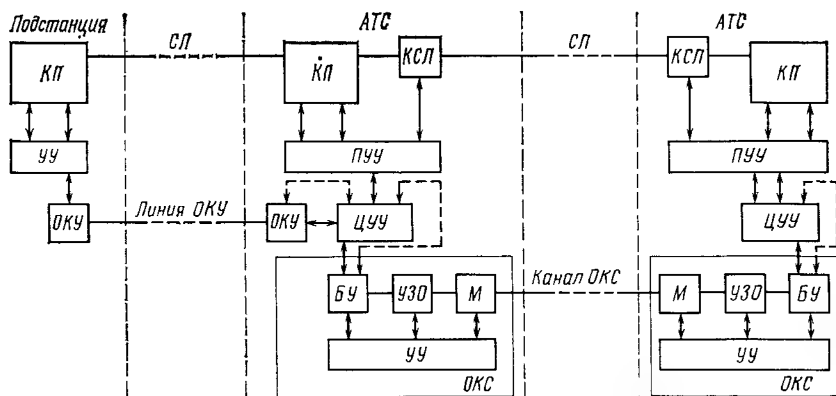


Рис. 5.3. Структурная схема ОКС

При включении в АТСКЭ и АТСЭ подстанций стремятся (с целью экономичного построения системы) дистанционно управлять этими подстанциями с опорной АТС, используя ее ЦУУ. Обычно для дистанционного управления используют физические линии или цифровые каналы временны́х систем передачи. Принцип построения каналов дистанционного управления и способы передачи сигналов во многом аналогичны ОКС. Но по линиям дистанционного управления кроме передачи сигналов управления может передаваться большой объем дополнительной информации: результаты сканирования, команды включения и выключения приборов и др. Такие линии управления иногда называют общими каналами управления ОКУ.

Передача сигналов по ОКС заключается в следующем. Для каждого сигнала или сообщения формируются одна или несколько сигнальных единиц, представляющих собой набор двоичных цифр 0 и 1. Сигнальная единица содержит: заголовок; сигнал или сигнальную информацию; адрес разговорного канала, к которому относится этот сигнал или информация, и дополнительную контрольную информацию, предназначенную для повышения верности передачи. Вся информация передается в закодированном виде. Если сигнал размещается в одной сигнальной единице, то она называется одиночной сигнальной единицей ОСЕ. Для передачи номера используется в основном несколько сигнальных единиц, при этом первая сигнальная единица называется начальной НСЕ, а остальные — последующими сигнальными единицами ПСЕ. В том случае, когда сигнальная информация не передается, в канал посылаются синхронизирующие («пустые») сигнальные единицы.

Передаваемая по ОКС информация кодируется циклическим кодом. Сущность этого кодирования заключается в следующем. Последовательность информационных разрядов можно представить полиномом степени k в виде $a_k x^k + a_{k-1} x^{k-1} + \ldots + 1$, где коэффициенты a_k, $a_{k-1} \ldots$ могут принимать значения 1 или 0 в зависимости от структуры передаваемой информации, а k — число

информационных разрядов. Для образования проверочных разрядов данный полином необходимо умножить на x^{n-k}, где n — полное число разрядов в сигнальной единице, и разделить на порождающий полином степени $n—k$. Полученный остаток степени $n—k$ составляют проверочные разряды, которые передаются вслед за информационными. На приемном конце указанная последовательность должна без остатка делиться на порождающий полином. Наличие ненулевого остатка свидетельствует об ошибках и необходимости переспроса. Практически операция деления на порождающий полином выполняется в специальных регистрах сдвига, структура которых соответствует порождающему полиному.

В электронных АТС (см. рис. 5.1) оборудование УС ОКС включается в коммутационное поле, которое постоянно соединяет с ним сигнальные или 16-е каналы тех систем ИКМ, которые образуют пучки каналов, обслуживаемые ОКС. В УС ОКС входят те же функциональные элементы, что и в ОКС, показанный на рис. 5.3, за исключением модемов.

ОКС № 6. Система сигнализации № 6 была принята МККТТ в 1972 г. [54]. В системе используются три вида сигнальных единиц (рис. 5.4): основная сигнальная единица ОСЕ, синхронизирующая сигнальная единица ССЕ и сигнальная единица подтверждения СЕП. Основная сигнальная единица может быть многосигнальной, состоящей из начальной сигнальной единицы НСЕ и нескольких последующих сигнальных единиц ПСЕ, или односигнальной единицей ОСЕ. Каждая сигнальная единица состоит из 28 бит, из них 8 бит используются для защиты. В ОСЕ заголовок содержит 5 бит и определяет характер сигнала. Возможны 32 различных заголовка. Для кода сигнала отводится 4 бита (16 кодов). Затем следует адрес: 7 бит — номер группы каналов (128 групп) и 4 бита — номер канала в группе (16 каналов).

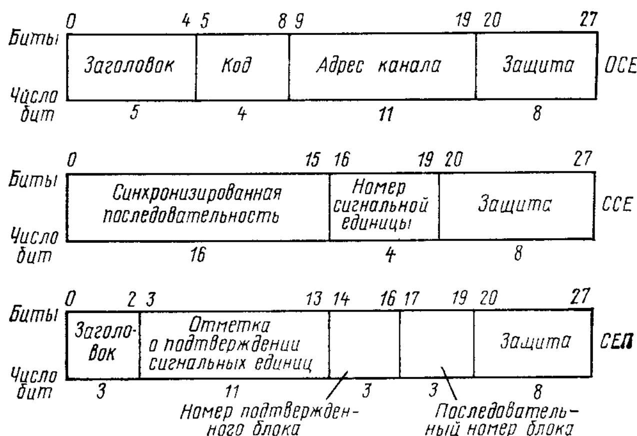


Рис. 5.4. Основные форматы сигналов в ОКС № 6

В последующих сигнальных единицах первые 2 бита всегда 00, а следующие 2 бита указывают общее количество ПСЕ в сообщении (максимально четыре ПСЕ). В первой ПСЕ пятый бит указывает, имеется (1) или нет (0) код страны, шестой — имеется (1) или нет (0) спутниковый канал в соединении, седьмой бит — включен (1) или нет (0) исходящий комплект эхо-заградителя. Следующие 5 бит — резерв. Затем идут 4 бита для указания категории вызова: обычный абонент, полуавтоматическая связь, язык, на котором говорит телефонист, и т. д. Затем — снова 4 бита резерва и 8 бит защиты. В следующих ПСЕ, начиная с пятого бита, размещается цифровая информация. Для каждого знака номера отводится 4 бит. В последней ПСЕ 16—20-е биты указывают конец набора (1111). Построение ОСЕ аналогично.

Для формирования защитных 8 бит используется полином восьмой степени x^8+x^2+x+1, в котором степени x указывают, на каких местах двоичного числа, отражающего этот полином, должны стоять 1. В данном случае число имеет вид 10000111. Для определения защитной информации к полученному в процессе формирования сигнала двоичному числу, содержащему 20 бит, приписывается справа восемь нулей, а затем полученное двоичное число делится по модулю 2 на полином 10000111. Остаток от деления и является защитной информацией. При делении без остатка вписываются нули. На приемной стороне поступившая сигнальная единица (28 бит) делится также по модулю 2 на порождающий полином. Если информации не искажена (нет подмен), то деление выполняется без остатка. При наличии подмен получается остаток. Увеличение степени порождающего полинома позволяет обнаружить большее количество подмен, но при прочих равных условиях уменьшает объем полезно передаваемой сигнальной информации.

Операция деления двоичных чисел легко выполняется на регистрах сдвига с обратными связями по модулю 2. Схема регистра для системы сигнализации № 6 приведена на рис. 5.5. Перед передачей очередной сигнальной единицы регистр устанавливается на 0. Ключи А и Б замыкаются, после чего на выход передаются 20 проверочных битов, которые одновременно формируют проверочные разряды. Затем ключи А и Б размыкаются, а замыкается ключ В и проверочные разряды также передаются на выход. Для повышения помехоустойчивости применяется инвертирование проверочных разрядов как на передаче, так и на приеме, что не влияет на конечный рзультат.

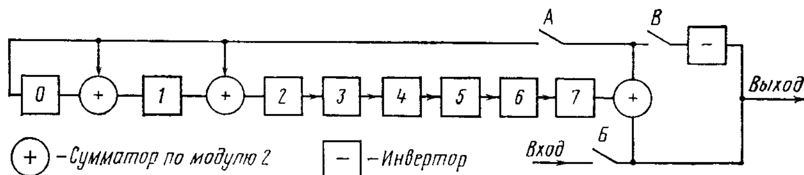


Рис. 5.5. Регистр сдвига для ОКС

В данной системе сигнализации применяется принцип адресного повторения, при котором на передающий конец передается точное указание: какую сигнальную единицу следует повторить. Для этого СЕ формируются в блоки по 12 сигнальных единиц в каждом. Из них 11 предназначены собственно для передачи сигналов, а 12-я — для передачи сигналов подтверждения. Блоки имеют циклическую нумерацию. Помимо циклического номера передаваемого блока она содержит информацию о результате приема блоков обратного направления — номер блока и указатель правильно принятых сигнальных единиц в блоке. На основе этих данных передатчик стирает из буферной памяти подтвержденные СЕ, а те, на которые не поступил сигнал подтверждения, подготавливаются для повторной передачи. Пустые СЕ в случае их искажения не повторяются. Если искажается сигнальная единица подтверждения, то повторно передается весь блок, соответствующий данной сигнальной единице.

На рис. 5.6,*а* приведена подготовленная для передачи по ОКС информация о наборе номера при связи Нью-Йорк (США) — Лондон (Великобритания). Связь полуавтоматическая, телефонист говорит на английском языке, имеется участок спутниковой связи и включен эхо-заградитель. Передается номер 31 2150 43551. Первые три сигнальные единицы (НСЕ, 1ПСЕ и 2ПСЕ) этого многосигнального сообщения вписаны в форматы с подробной информацией и определена защитная информация (рис. 5.6,*б*). Кроме того, показана одиночная сигнальная единица (рис. 5.6,*в*). Коды сигналов приведены в табл. 5.4.

Система сигнализации № 6 нашла применение на международной сети. Имеется вариант системы № 6 для национальной сети США, отличающийся от рассмотренного варианта системы № 6 тем, что адресная часть содержит не 11, а 13 бит.

ОКС № 7. В процессе испытаний системы сигнализации № 6 выявились следующие ее недостатки: система не рассчитана на каналы с большим временем распределения сигнала, имеет недостаточную помехоустойчивость, недостаточную адресную часть и недостаточно гибка для приспособления к нуждам национальных сетей. Поэтому с 1973 г. МККТТ был

НСЕ	10000|0000| 000 0101 0011|11101111
1ПСЕ	00|11|1110|0000 0010 0000|00011110
2ПСЕ	00|11|0011|0001|0010|0001|11101110
3ПСЕ	00|11|0101|1010|0100|0011|11111101
4ПСЕ	00|11|0101|0001|0001|1111|10101101

а)

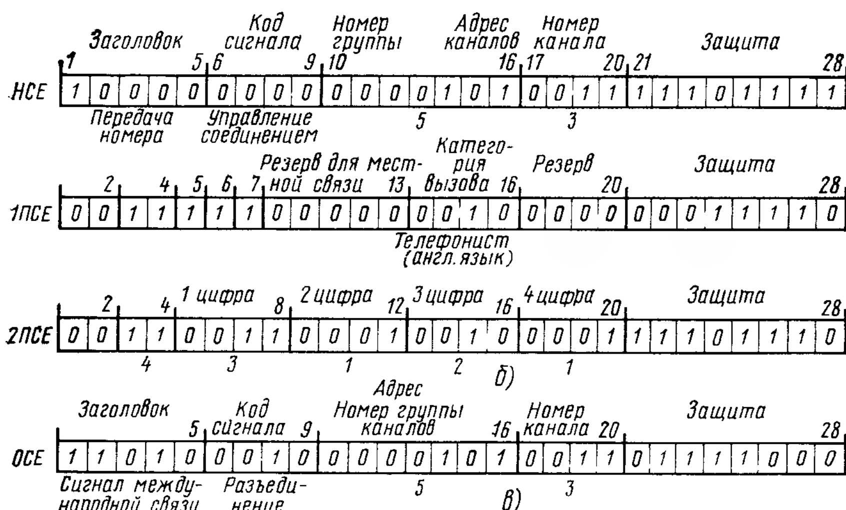


Рис. 5.6. Пример сообщения в ОКС № 6:
а) сообщение из четырех СЕ; *б*) расшифровка трех СЕ; *в*) отдельная СЕ

поставлен вопрос о разработке новой системы сигнализации, которая должна быть:

пригодна для сетей связи различного назначения (телефонной, телекс, передачи данных и др.), в том числе и с интегрированными видами обслуживания;

достаточно гибкой и допускать внутри себя модификации, пригодные для национальных сетей;

работоспособной по каналам связи со временем распространения сигнала до 1 с и коэффициентом ошибок до 10^{-4} [125].

В системе используются сигнальные единицы переменной длины (рис. 5.7,*а*). Сообщение начинается специальным байтом (флагом), который представляет собой восьмибитовую комбинацию (01111110). В следующем байте передаются номер последнего принятого сообщения (обратный циклический номер ОЦН) и указание, требуется или нет повторение (обратный бит-индикатор ОБИ). В третьем байте передается номер передаваемого сообщения (прямой циклический номер ПЦН) и указывается, передается ли сообщение впервые или идет повторная передача (прямой бит — индикатор ПБИ). В четвертом байте указывается длина сообщения в байтах (индикатор длины ИД). Для ИД отведено 6 бит, остальные 2 бита являются резервными. В пятом байте 4 бита указывают систему использования сообщения СИ (телефонная, передача данных и

Таблица 5.4. **Коды сигналов в ОКС системы № 7 и 6**

Наименование сигнала	Система № 7		Система № 6	
	Н0	Н1	Заголовок	Код сигнала
1	2	3	4	5
Начальное адресное сообщение	1000	1000	1000	0000
То же, с дополнительной информацией	1000	0100	—*	—
Последующее адресное сообщение:				
многосигнальное	1000	1100	00	—
с одним сигналом	1000	0010	—	—
Идентификация вызывающего абонента	0100	1000	—	—
Невозможность идентификации вызывающего абонента	0100	0100	—	—
Исправность (целостность) разговорного тракта	0100	1100	11010	0001
Неисправность разговорного тракта	0100	0010	—	—
Запрос идентификации вызывающего абонента	1100	1000	—	—
Адресное сообщение принято, абонентская линия свободна:				
с оплатой	0010	1000**	11011	0001
без оплаты	0010	1000**	11011	0010
Адресное сообщение принято:				
полностью таксофон	0010	1000**	11011	0011
с оплатой	0010	1000**	11011	1010
без оплаты	0010	1000**	11011	1011
Адресное сообщение принято, монетный аппарат	0010	1000**	11011	1100
Перегрузка:				
коммутационного оборудования	1010	1000	11001	0011
группового тракта	1010	0100	11001	0100
национальной сети	1010	1100	11001	0101
Непринятие номерной информации	1010	0010	—	—
Непрохождение вызова	1010	1010	11001	1110
Абонентская линия занята	1010	0110	11011	0100
Неиспользуемый номер	1010	1110	11011	0101
Абонентская линия выключена из обслуживания	1010	0001	11011	0110
Номер абонента изменен	1010	0101	11011	0111
Ответ:				
с оплатой	0110	1000	11000	0010***
без оплаты	0110	0100	11000	0011
Отбой:				
вызываемого абонента	0110	1100	11000	0100
вызывающего абонента (разъединение)	0110	0010	11010	0010
Вмешательство	0110	0110	11010	0011
Повторный ответ № 1	0110	1000	11000	0101
Отбой № 2 вызывающего абонента	0110	1100	11000	0110
Повторный ответ № 2	0110	1000****	11000	0111
Отбой № 3	0110	1100****	11000	1000
Повторный ответ № 3	0110	1000****	11000	1001

1	2	3	4	5
Освобождение	1110	1000	11000	0001
Блокировка	0100	1100	11010	1011
Подтверждение блокировки	1110	1100	11010	1101
Разблокировка	1110	0010	11010	1100
Подтверждение разблокировки	1110	1010	11010	1110
Разъединение	1110	1110	—	—
Отказ от сообщения	В системе № 7 это сообщение выделено в особый класс		11010	1111

* Данного сигнала нет в спецификации МККТТ по системе № 6.

** Различные сигналы принятой номерной информации в системе № 7 отличаются путем кодирования разрядов дополнительного байта.

*** Сигнал приоритетный.

**** В системе № 7 сигналы повторных ответов и отбоев не отличаются от основных сигналов ответа и отбоя.

т. п.) и 4 бита остаются в резерве. Следующие байты, начиная с шестого, содержат сигнальную информацию. В конце сообщения передается два байта проверочных разрядов, которые определяются порождающим полиномом $x^{16}+x^{12}+x^5+1$. Длина СЕ определяется содержанием передаваемой сигнальной информации и является переменной.

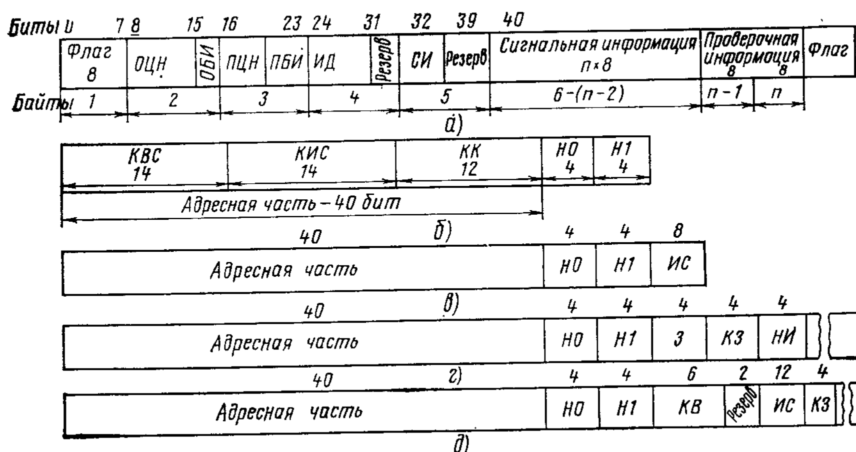


Рис. 5.7. Формат сигнальных единиц в ОКС № 7:

а) основной формат; *б*) простой телефонный сигнал; *в*) информационные сигналы обратного направления; *г*) последующие сигналы установления соединения; *д*) начальный сигнал установления соединения

Сигнальные единицы разделяются на «значащие» и «пустые», или «незначащие». Признаком пустой, или незначащей, сигнальной единицы является отсутствие сигнальной информации, что соответствует значению индикатора длины, равного нулю. Начало и конец сигнальной единицы определяются флагом. Заключающий флаг может служить начинающим флагом для новой сигнальной единицы.

Применение метода флага требует принятия мер по устранению ложных флагов, если передаваемая информация может совпадать с флагом. Если такое совпадение происходит, то в передаваемую в линию информацию, совпадающую с флагом, вводится дополнительный нуль после каждой последовательности из пяти единиц подряд (этот нуль удаляется на приеме).

Кодирование и декодирование охватывают только информацию, содержащуюся между двумя комбинациями «флаг» без учета дополнительных нулей. Формирование проверочных разрядов в системе № 7 несколько отличается от формирования их в системе № 6. Это вызвано тем, что требуется принятие мер по устранению специфических ошибок, связанных с переменной длиной СЕ. Например, если произойдет замена комбинации «флаг» между двумя сигнальными единицами на комбинацию из восьми нулей, то возникнет как бы «склеивание» двух сигнальных единиц, которое невозможно обнаружить классической процедурой проверки циклическим кодом. Для устранения этого явления применяют метод «предустановки единиц» в кодирующих и декодирующих регистрах, который заключается в следующем.

Перед передачей информации кодирующий регистр на передающем конце устанавливается в состояние 1. Инвертирование проверочных разрядов на передаче и приеме не происходит. На приемном конце декодирующий регистр также устанавливается в состояние 1 перед приемом очередной сигнальной единицы. При этом в отсутствие ошибок после приема СЕ в декодирующем регистре должна содержаться фиксированная последовательность вида 0001 1101 0000 1111. Операция «предустановки единиц» эквивалентна инвертированию проверочных разрядов при передаче и приеме, а также инвертированию первых двух байтов кодируемой информации перед кодированием и декодированием.

Процедура передачи сигнальных единиц в системе № 7 следующая. На передающем конце значащие СЕ записываются в буферную память передатчика с сохранением последовательности переданных циклических номеров. По мере поступления от приемника обратных циклических номеров из буферной памяти стираются те сигнальные единицы, номера которых подтверждены поступившими обратными циклическими номерами. При изменении обратного бита-индикатора происходит повторная передача из буферной памяти сигнальных единиц, начиная с той, которая не была подтверждена. По окончании повторной передачи из буферной памяти происходит переход к нормальной работе. Прямой бит-индикатор изменяет свое состояние в соответствии с изменением состояния обратного бита-индикатора. При отсутствии запроса на передачу передаются пустые сигнальные единицы с сохранением прямого циклического номера последней переданной значащей единицы.

При приеме должны анализироваться только те СЕ, которые прошли процедуру устранения флагов и лишних нулей, а также кодовую проверку. Затем происходит анализ на соответствие прямых циклических номеров и значимость сигнальных единиц. На приемном конце должны быть две процедуры приема соответственно для значащей и незначащей сигнальных единиц.

Если СЕ не является значащей и если прямой циклический номер равен прямому циклическому номеру последней принятой значащей сигнальной единицы, тогда эта СЕ не используется. Если соответствие прямого и обратного циклических номеров нарушено и прямой бит-индикатор имеет то же самое состояние, что и обратный бит-индикатор, то посылается запрос на повторение путем инвертирования обратного бита-индикатора. Если прямой бит-индикатор отличается от посылаемого обратного, то данная СЕ тоже не используется.

В том случае, когда сигнальная единица является значащей и прямой, циклический номер соответствует номеру последней правильно принятой СЕ, эта сигнальная единица аннулируется вне зависимости от состояния битов-индикаторов.

Если прямой циклический номер превышает на единицу (по модулю максимального циклического номера) номер последней принятой значащей СЕ, то она передается на обработку, если состояния прямого и обратного битов-индикаторов равны. Если прямой циклический номер отличается больше чем на единицу, то она аннулируется, а если в этом случае состояние прямого бита-индикатора соответствует состоянию обратного бита-индикатора, то посылается

запрос на повторение путем инвертирования обратного бита-индикатора.

Рассмотренная процедура передачи и приема сигнальных единиц одинакова для любого применения ОКС системы № 7. При различном применении отличается только состав сигнальной информации. Применительно к телефонной связи сигнальная информация имеет следующую структуру (рис. 5.7,*б*). Самое короткое сообщение может содержать только адресную часть и заголовки информации. Адресная часть (идентификатор) состоит из 40 бит и содержит код вызываемой станции КВС — 14 бит, код исходящей станции КИС — 14 бит и номер канала или пучка каналов КК — 12 бит. Заголовок информации Н0 указывает вид сигнала, а заголовок Н1 — сигнальную информацию. В более длинных сообщениях указываются дополнительная информация о вызовах ДИ, категория вызова КВ, индикаторы сообщения ИС, число знаков в номерной информации КЗ и номерная информация НИ — номер вызываемого или вызывающего абонента. Телефонные сигналы дополняются до байта путем заполнения З.

Система сигнализации № 7 может работать по каналам как цифровых, так и аналоговых систем передачи, использующих наземные или космические каналы связи. Применение СЕ переменной длины позволит создать гибкую систему, легко приспосабливаемую к требованиям различных сетей связи. Единая процедура передачи и приема СЕ различной длины позволяет легко разрешать вопросы совместимости и унификации аппаратуры. С этих позиций система № 7 является самой перспективной системой централизованной сигнализации по ОКС. Коды сигналов, передаваемых по ОКС № 6 и № 7, приведены в табл. 5.4 [126]. Предполагается, что разряды кодовых комбинаций передаются последовательно слева направо.

Сети ОКС. Применение системы сигнализации по ОКС ставит новую задачу, которая не возникала в случае реализации децентрализованных систем сигнализации — построение сети ОКС. Сеть ОКС представляет собой совокупность общих каналов сигнализации, связывающих между собой коммутационные узлы. Сеть ОКС может функционировать в связанном и несвязанном режимах.

При связанном режиме (рис. 5.8) структура сети ОКС полностью совпадает со структурой сети связи, которую она обслуживает. Для увеличения надежности сигнализации каждый ОКС резервируется.

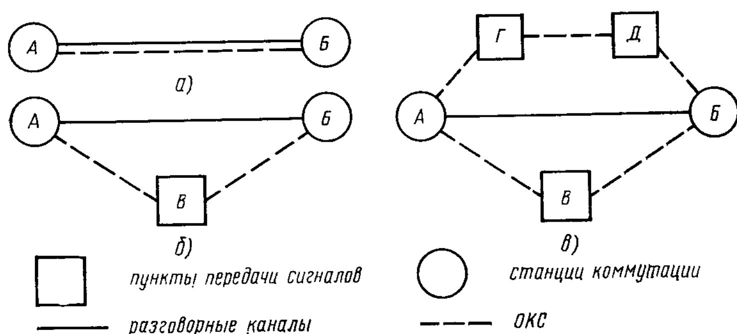


Рис. 5.8. Примеры режимов работы в сети ОКС:
а) несвязанный; *б*) квазисвязанный; *в*) полностью несвязанный

При несвязанном режиме ОКС могут не совпадать с пучками обслуживаемых или разговорных каналов. При несвязанном режиме имеются свои принципы определения маршрутов передачи сигнальной информации и управления сетью сигнализации. Различаются квазисвязанный и полностью несвязанный режимы работы. В первом случае маршрут сообщений при установлении соединения между двумя пунктами всегда остается фиксированным, хотя и может иметь несколько вариантов. Во втором случае маршруты сообщений заранее не определены.

При несвязанном режиме работы в одном соединении участвуют несколько последовательно соединенных ОКС. Для передачи сигнальной информации из одного ОКС в другой организуются пункты передачи сигналов ППС, которые выполняют следующие функции: анализируют адресную и функциональную части каждого сигнального сообщения с тем, чтобы передать это сообщение с учетом его приоритета в соответствующий исходящий ОКС; изменяют адрес принятого сообщения по определенному алгоритму.

Применение несвязанного режима функционирования сети ОКС позволяет уменьшить общее число каналов сигнализации и обеспечить высокие технико-экономические показатели этой сети.

5.2. Цифровые сети связи

5.2.1. Основные требования к цифровым сетям связи

При построении телефонных сетей с использованием квазиэлектронных и электронных АТС следует учитывать основные их отличия от декадно-шаговых и координатных АТС, которые действуют сейчас, например, на сетях Советского Союза.

Квазиэлектронные и электронные станции имеют значительно большую емкость (50 000—100 000 номеров), определяемую производительностью ЭУМ. Это позволяет строить большинство ГТС нерайонированными, а районированные сети большой емкости без узлов (без транзитных станций), что уменьшает объем коммутационного оборудования, упрощает и ускоряет установление соединений.

В квазиэлектронных и особенно в цифровых электронных АТС широко используются выносные подстанции, что дает возможность, несмотря на большую емкость опорной АТС, значительно сократить среднюю длину абонентских линий и за счет применения на соединительных линиях между АТС и подстанциями цифровых систем передачи значительно уменьшить затраты на кабельные линии.

Программное управление на этих АТС позволяет накапливать, анализировать и пересчитывать множество цифр абонентских номеров, обеспечивая на телефонных сетях более полное использование нумерации; широко организовывать обходные направления; централизовать и децентрализовать различные службы (справочные, информационные и др.). Благодаря программному управлению увеличивается число категорий абонентов и линий, что дает возможность организовать внутри АТС или местной сети отдельные абонентские группы и обеспечить им связь по общим или выделенным соединительным линиям. Таким образом, внутри АТС или местной сети могут быть созданы учрежденческие станции или местные ведомственные сети со всеми присущими им особенностями (сокращенная нумерация, приоритетность, большое число дополнительных услуг и т. п.).

Программное управление позволяет ввести большое число дополнительных услуг для абонентов, обеспечивая при этом удобства в пользовании связью и в то же время улучшая ее качество. В ряде случаев за счет введения определенных дополнительных услуг уменьшается число повторных вызовов и в конечном счете снижается нагрузка.

Квазиэлектронные АТС с коммутационным полем на металлических контактах (герконах или гезаконах) могут быть установлены в любом месте существующей телефонной сети, не внося в тракт передачи никаких изменений и не требуя технических изменений на сети. Однако чтобы использовать все возможности и преимущества этих АТС, их внедрение необходимо осуществлять концентрированно. В этом случае абонентам предоставляются все необходимые им услуги, а на соединительных линиях используется ОКС и за счет этого упрощаются комплекты соединительных линий.

Преимущества цифровой передачи и цифровой коммутации сигналов, рассмотренные в предыдущих главах, стимулируют создание цифровых сетей. Для создания полностью цифровой сети необходимы создание цифрового абонентского оборудования и организация цифровой передачи на абонентских линиях.

В отличие от квазиэлектронных АТС, внедрение электронных цифровых АТС встречает значительные трудиостн, особенно на местных телефонных сетях. Необходимость преобразования аналоговых сигналов в цнфровые н переход на четырехпроводный тракт требуют пересмотра норм на затухание, шумы и другие параметры. Простая установка цифровой АТС вместо аналоговой не везде возможна.

Хотя в настоящее время и еще многие годы в будущем основным видом связи на цифровых сетях будет телефонная, при построении цнфровых сетей необходимо создавать все условия, чтобы в перспективе обеспечить возможность введения других видов связи. Процесс введения новых видов связи и новых видов услуг будет непрерывным.

Основой построения национальных цифровых сетей связи являются местные цифровые сети связи [127, 128]. Эти сети должны выполнять следующие две функцин:

1. Основная функция — предоставление абонентам цифровых каналов со скоростью передачи 64 кбит/с и коммутацня этих каналов. Коммутацня должна осуществляться на всех местных цифровых АТС. По цифровым каналам обеспечивается передача телефонной информацин и данных с коммутацией каналов. Кроме того, местная цифровая сеть должна обеспечивать абонентам доступ к определенным узлам или специализированным подсетям для выполнения дополннтельных функций.

2. Дополнительная функция — предоставление услуг, для выполнення которых требуются дополнительные средства. Услуги заключаются в обеспеченин выхода к дополнительным средствам. Эти средства устанавливаютси только на определенных узлах сети или специализированных подсетях.

Местные цифровые сети состоят из следующнх основных частей:

местных цифровых АТС и в различной степени зависящих от них выносных цифровых коммутационных блоков;

цифровых систем передачи и систем цифрового мультиплексирования, устанавливаемых на соединительных и абонентских линиях;

абонентского оборудования, содержащего оконечные абоиентские аппараты (терминалы), управляющее абонентское устройство н линейные комплекты;

учрежденческие цифровые АТС, включаемые в цифровую сеть. По отношению к сети общего пользования их можно рассматривать как более сложное по сравнению с телефонным аппаратом оконечное оборудование.

Для создания цифровых сетей системы передачи строятся в соответствии с рекомендациями МККТТ и рассчитаны на совместную работу с цифровыми коммутационными системами. Создаются новые системы передачи и новые направляющие системы, например волоконно-оптические линии связи. Хотя на цифровых сетях еще долгие годы будут использоваться аналоговые телефонные аппараты и аналоговые абонентские линни, уже разрабатываются рекомендации для цифровых линнй и создаются цифровые оконечные устройства.

Построение цифровых сетей, так же как любых сетей связи, требует выполнения определенных условий по параметрам отдельных участков и устройств. В настоящее время ведется большая работа по стандартизации международной и национальиой цифровых сетей. Любая национальная цифровая сеть, в которую входят местные цифровые сети, должна взаимодействовать с местными аналоговыми сетями и в первую очередь с местными аналоговымн телефонными сетями. При взаимосвязи абонентов цифровых и аналоговых сетей качество связи должно быть, по крайней мере, не хуже, чем при связи абонентов аналоговой сети.

Основные характеристики цифровой сети должиы быть следующими:

1. Скорость передачи на сети 64 кбит/с. Разговорные сигналы преобразовываются с помощью импульсно-кодовой модуляции.

2. Сигнализация между абонентскими устройствами и цифровой АТС в процессе установления соединения осуществляется вне полосы 64 кбит/с. После установления соединения прн связи между двумя цифровыми абонентскимн устройствами, а также между цифровыми абонентским устройством и другимн цифровыми устройствами не обязательно использовать скорость передачн 64 кбит/с и сигнализацию вие полосы.

3. При совместной работе цифровой и аналоговой сетей телефонная связь цифровых абонентских устройств должна проходить по цифровой сети. В случае невозможности установления такого соединения организуется равноценное соединение по смешанной сети.

4. Обеспечивается возможность передачи через цифровую сеть информации со скоростью, отличной от 64 кбит/с, с использованием каналов со скоростью передачи 64 кбит/с.

5. Для гибкого развития цифровой сети передача сигналов между цифровыми АТС должна обеспечиваться по общему каналу сигнализации, построенному в соответствии с рекомендациями МККТТ по системе № 7. Но при этом предусматривается возможность развития узлов связи.

5.2.2. Последовательность создания цифровых сетей связи

Цифровая сеть общего пользования не может быть построена одновременно, так как это требует больших экономических затрат и разработки нового оборудования. По экономическим соображениям внедрение цифровых сетей должно происходить поэтапно. Этапность внедрения определяется национальными условиями и в первую очередь наличием на существующих сетях цифрового оборудования передачи.

При наличии на междугородной сети цифровых систем передачи наиболее целесообразно начать создание цифровой междугородной сети, поскольку в данном случае не требуется устанавливать цифровое абонентское оборудование, которое является самым массовым и достаточно дорогим. На междугородных станциях осуществляется транзитная коммутация и при наличии ЦСП упрощается построение линейных комплектов, которые составляют значительный объем оборудования. Даже при аналоговых системах передачи введение междугородных цифровых станций может оказаться экономически достаточно эффективным, так как междугородные станции характеризуются высокой стоимостью, приходящейся на один вход (в 4—5 раз большей, чем на городских АТС). Это объясняется тем, что включаемые в междугородные станции линии и каналы хорошо используются (загрузка — порядка 0,8 Эрл), в КП осуществляется четырехпроводная коммутация, аналоговые линейные комплекты сложны. Кроме того, на междугородной сети высоко эффективно применение ОКС.

Транзитные станции местной телефонной связи также могут быть объектом первоочередного внедрения цифровой коммутации. Здесь имеется много условий, аналогичных междугородной связи: транзитная коммутация, высокое использование линий, во многих случаях необходима четырехпроводная коммутация. Возможно использование ОКС для передачи сигналов между транзитными станциями и между транзитными и опорными АТС. На больших телефонных сетях в ряде случаев уже сейчас введены ЦСП с ИКМ. При цифровой коммутации это оборудование значительно упрощается и удешевляется (см. разд. 1.4 и рис. 1.41,*в*).

Следующий этап создания местной цифровой сети — установка цифровых опорных АТС. Для упрощения внедрения в первую очередь опорные АТС устанавливаются с аналоговыми квазиэлектронными подстанциями или электронными подстанциями с КП на высоковольтных полупроводниковых приборах, а затем — с аналоговыми и цифровыми электронными подстанциями, имеющими в абонентских комплектах аналого-цифровые преобразователи. При такой последовательности внедрения цифровых опорных АТС можно упростить решение проблем, связанных с включением в цифровые АТС аналогового абонентского оборудования.

Последним завершающим этапом создания местной цифровой сети является внедрение абонентского цифрового оборудования, в первую очередь цифрового телефонного аппарата. Трудность внедрения цифровых телефонных аппаратов объясняется несколькими причинами. Такой аппарат пока что значительно дороже аналогового, при этом никаких дополнительных возможностей по сравнению с аналоговым телефонным аппаратом, включенным в цифровую АТС, большинству абонентов он не дает. Кроме того, значительно усложняются питание аппарата и сигнализация по абонентской линии.

5.2.3. Распределение затухания на цифровых сетях

Внедрение цифровых систем коммутации и передачи потребовало нового подхода к проектированию цифровых сетей. Одним из важных вопросов при создании цифровых сетей является распределение величины затухания.

На существующих аналоговых сетях стремятся обеспечить минимально допустимое затухание исходя из условий устойчивости каналов и необходимых характеристик эхо-сигнала. Затухание, вносимое в тракт передачи коммутационными аналоговыми станциями, весьма малое: для оконечных АТС не превышает 1 дБ, а для транзитных станций — 0,5 дБ. Сохранение существующих норм распределения затухания для цифровых сетей считается нецелесообразным, так как это потребовало бы введения цифровых удлинителей или дополнительных ступеней аналого-цифрового преобразования совместно с удлинителями обычного типа. Поэтому разрабатываются новые планы передачи, позволяющие использовать преимущества цифровых систем.

Цифровая АТС всегда имеет четырехпроводный тракт передачи даже при двухпроводных аналоговых входах и выходах (наиболее тяжелые условия внедрения), содержит дифсистемы, фильтры нижних частот, кодирующие и декодирующие устройства. Следовательно, затухание тракта передачи цифровой АТС определяется разницей относительных уровней сигнала на выходе и входе АТС. Необходимо, чтобы уровень входного сигнала не превышал порога ограничения и был выдержан динамический диапазон передаваемого сигнала. При несоблюдении этих условий может увеличиваться уровень шума в канале или нарушиться отношение сигнал-шум при малых сигналах.

Собственное затухание цифровых систем передачи и коммутации можно считать равными нулю и учитывать затухание только аналого-цифрового преобразования. При планировании и распределении затухания нужно учитывать следующие основные ограничения:

затухание должно быть симметричным в обоих направлениях передачи (допустимая ассиметрия — не более 3 дБ);

на однотипных соединениях разница в затухании должна быть минимальной;

введение цифровых станций не должно вызывать ухудшение работы существующей аналоговой сети;

оборудование должно быть простым и обеспечивать минимальное число контрольных точек (желательно иметь один уровень для всех оконечных устройств, но не более двух).

Кроме указанных ограничений выбор величины остаточного затухания определяется стабильностью канала, затуханием эхо-сигнала, амплитудно-частотными искажениями из-за обратной связи и, конечно, общим эквивалентом затухания, принятым для всей сети.

При наличии дифсистемы затухание, дБ

$$b_{(a-t-b)} = b_{(a-t)} + 20\lg\left|\frac{Z_B + Z_{TW}}{Z_B - Z_{TW}}\right| + b_{(t-b)},$$

где $20\lg\left|\frac{Z_B + Z_{TW}}{Z_B - Z_{TW}}\right| = b_e$ — балансное затухание дифсистемы, т. е. затухание, вызванное отражением при разбалансировке дифсистемы (рис. 5.9); Z_B — сопротивление балансного контура; Z_{TW} — сопротивление двухпроводной линии в точке t.

При международном соединении национальная сеть должна удовлетворять Рекомендациям МККТТ G.122 и G.131 [50], что отражено в Рекомендациях Q.501—Q.507 [117]. Согласно Рекомендации G.122 затухание участка $a—t—b$ в полосе частот 0,3—3,4 кГц, измеренное от оконечного пункта международной цепи (точка a) до дифсистемы (ДС — точка отражения t) и обратно (точка b), для обеспечения устойчивости должно быть не менее $(6+n)$ дБ, где n — число четырехпроводных переприемных участков. Так как в полностью цифровом соединении коммутация осуществляется только в цифровой форме без внесения затухания на переприемных участках, то $n=0$. Следовательно, $a=6$ дБ.

Затухание на участках a—t, t—b и соответствие полных сопротивлений в точке t определяются из общего затухания a—t—b. При выборе номинальной величины затухания участка t—b необходимо учитывать Рекомендации G.121c, определяющие минимальное значение эквивалента затухания на передачу. Рекомендуется (G.121b), чтобы абсолютная величина разности затуханий для разных направлений передачи, т. е. участков t—b и a—t, не превышала 4 дБ.

Допустимый уровень эхо-сигнала зависит от величины затухания в тракте передачи этого сигнала и от времени его замедления и определяется величиной затухания участка a—t—b и остаточным затуханием канала. По Рекомендации G.131 качество передачи как по устойчивости, так и по затуханию эхо-сигнала будет приемлемым, если затухание от одной точки перехода с двухпроводного тракта на четырехпроводный до другой равно 6—7 дБ [79]. Европейские страны при международных и междугородных соединениях принимают затухание равным 7 дБ, а Северо-Американские — 6 дБ [120, 139]. В соединениях, устанавливаемых на большие расстояния, для подавления эхо-сигналов, например, при связи через спутники, как и в аналоговых сетях, следует принимать специальные меры.

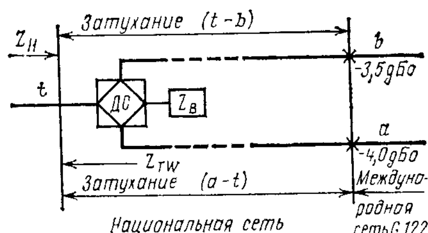


Рис. 5.9. Затухание участка a—t—b

Требования, предъявляемые к величинам затухания на местных цифровых телефонных сетях, аналогичны, хотя выполнение Рекомендаций G.122 и G.131 не обязательно. Устойчивость может быть обеспечена и при нулевом затухании тракта передачи, но следует учитывать искажения от обратной связи, которые зависят от балансного затухания и времени задержки сигнала в тракте. В табл. 5.5 приведены значения допустимого времени задержки передачи сигналов в цифровых электронных АТС (в соответствии с Рекомендацией Q.507). Исследованиями установлено, что при задержке до 4 мс для удовлетворительного качества передачи запас устойчивости должен быть не менее 8 дБ [75]. Это значит, что минимальное значение затухания тракта может быть равно 3—3,5 дБ без индивидуальной балансировки дифсистем и даже 0 дБ при их индивидуальной балансировке [74].

Таблица 5.5. **Допустимое время задержки сигналов в цифровых электроииых АТС**

Вид соединения каналов	Допустимое время задержки, не более, мкс	
	среднее значение	для 95% соединений
Цифровой с цифровым	900	1500
Цифровой с аналоговым	1500	2100
Аналоговый с аналоговым	2100	2700

Индивидуальная балансировка заключается в том, что абонентские линии делятся на «длинные» и «короткие». Для каждого типа используются разные балансные контуры, что позволяет получить среднее значение балансного затухания до 13 дБ и обеспечить требуемую устойчивость при нулевом остаточном затухании. Рекомендуемые значения остаточного затухания в зависимости от вида соединений приведены в табл. 5.6.

Для обеспечения указанных норм в тракте передачи (на передаче и приеме точки A и $Б$ рис. 5.10) устанавливаются аналоговые удлинители, общее затухание которых включает затухание дифсистем. При этом могут быть два ва-

Таблица 5.6 **Рекомендуемые значения затухания в тракте передачи местных цифровых сетей (три варианта)**

Вид соединения	Затухание, дБ		
	1	2	3
В пределах местной станции	0 или 3	3,5	6—7
Местная станция — местная станция	3	7	6—7
Через транзитное соединение	6	7	6—7

рианта: затухание цифрового тракта изменяется в зависимости от вида соединения; затухание цифрового тракта всегда равно определенной величине (6—7 дБ) независимо от вида соединения. В первом случае достигается оптимальное значение эквивалента затухания, упрощается введение цифрового оборудования в существующую аналоговую сеть, но усложняется цифровое оборудование. Во втором случае могут ухудшиться качественные показатели тракта и затрудняется внедрение цифрового оборудования в существующую аналоговую сеть, но упрощается цифровое оборудование.

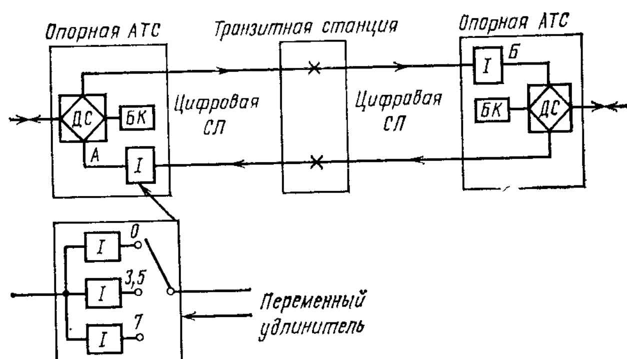


Рис. 5.10. Введение удлинителей в тракт передачи при местном соединении на цифровой сети

В полностью цифровой сети, когда используются цифровые телефонные аппараты и цифровые абонентские линии, проблемы в распределении затухания не возникает. Проблемы устойчивости прямого и обратного каналов также не возникает, поскольку в тракте передачи нет дифсистем. Остаточное затухание канала от микрофона одного аппарата до телефона другого выбирается оптимальным исходя из эквивалента затухания. Требуемая величина затухания вводится в канал перед телефоном.

5.2.4. Абонентские цифровые линии и оборудование

При построении цифровых абонентских линий необходимо в первую очередь определить основные требования, предъявляемые к ним при передаче цифровой информации, и на основе этих требований выбрать способ сигнализации и стыки между абонентскими оконечными устройствами.

По абонентской линии в настоящее время и в будущем могут передаваться сигналы речи в спектре до 4 кГц и различная нетелефонная информация (сигналы передачи данных, факсимильной связи, телеметрические сигналы и сигналы информационных систем, организованных на основе ЭВМ). В качестве абонентских линий используются электрические и оптические кабели. В последнем случае по этим линиям возможна организация видеотелефонных каналов. Для передачи речи по цифровым АЛ рекомендуется использовать кана-

лы, позволяющие работать со скоростью 64 кбит/с (Рекомендация G.711). Скорость передачи для других каналов еще не определена, но признано целесообразным каналы передачи, работающие со скоростями, меньшими 64 кбит/с, объединять в каналы, работающие со скоростью 64 кбит/с.

Объем передаваемой по АЛ информации в общем виде определяется [86] как

$$nU + mD + pW + S + F,$$

где n — число каналов со скоростью передачи $U (n>1$; $U=64$ кбит/с); m — число каналов со скоростью передачи D $(m \geqslant 0$, $D<64$ кбит/с); p — число высокоскоростных каналов со скоростью передачи $W (p \geqslant 0$, $W>64$ кбит/с); S — скорость передачи в канале сигнализации, рассчитанном на передачу сигналов сигнализации для всех ранее упомянутых каналов; F — скорость передачи информации, используемой исключительно для синхронизации.

Состав сигналов и алгоритм взаимодействия в канале сигнализации желательно выбрать такими, чтобы не требовались их изменения при увеличении числа каналов n, m и p. С этой точки зрения наиболее подходит структура канала сигнализации, аналогичная структуре ОКС, организуемого между двумя цифровыми АТС [92]. Следовательно, на абонентском пункте устанавливается абонентское управляющее устройство АУУ, обеспечивающее организацию (ввод и вывод информации, комплектование сообщений и т. д.) абонентского ОКС (рис. 5.11). К АУУ подключаются различные абонентские устройства.

Скорость передачи по абонентскому ОКС может быть достаточно низкой, но при наличии в АЛ нескольких информационных каналов и большом числе абонентских линий в АТС возможна задержка в обработке сообщений, передаваемых по абонентскому ОКС. Кроме того, целесообразно, чтобы информация абонентского ОКС каким-то образом сочеталась с кодовыми словами цифрового разговорного канала. По этим причинам предлагается передачу в абонентском ОКС вести со скоростью 8 или 16 кбит/с. Таким образом, к каждому кодовому слову цифрового разговорного канала добавляется 1 (или 2) бит сигнального канала. Выбор скорости и сигнальной информации в канале сигнализации на абонентском участке изучается в МККТТ.

По рассмотренному абонентскому ОКС обеспечивается взаимодействие АУУ с управляющим оборудованием подстанции и опорной станции, а также взаимодействие с дополнительным оборудованием цифровых станций, позволяющим установить связь с другими сетями. При передаче нетелефонной информации также необходимы сигналы для взаимодействия цифровых абонентских установок непосредственно между собой и со специфическим цифровым оборудованием.

При связи с АТС сигнальная информация располагается вне полосы передачи основной информации (дополнительные биты в кодовых словах). При обмене информацией между двумя абонентскими установками либо абонентской установкой и дополнительным оборудованием определенных узлов или специализированных подсетей сигнальная информация располагается внутри полосы передачи.

Основными особенностями абонентского ОКС являются:

передача сигналов в виде сообщений переменной длины;

синхронизация сообщений по циклам;

ограничение циклов флагами.

Абонентский ОКС, так как это связано с абонентской линией, должен обеспечивать возможность создания абонентского оборудования минимальной стоимости. Поэтому полностью использовать ОКС системы № 7, рекомендуемый МККТТ для связи между цифрами АТС, нецелесообразно.

Состав сигналов и способы взаимодействия устройств в технике передачи данных и автоматических системах управления, а также в материалах МККТТ по цифровым системам называют протоколом. Протоколы, обеспечивающие установление соединения, называют протоколами доступа. Протокол абонентского ОКС строится иерархическим и имеет несколько уровней в зависимости от типа АЛ и условий работы. Протоколы доступа делят на два типа:

основной для передачи взаимодействия вне полосы передачи информации;

дополнительные для передачи сигналов взаимодействия внутри полосы передачи информации.

Кроме протоколов доступа имеются протоколы, обеспечивающие работу оборудования при связи абонент — абонент или абонент — цифровое оборудование. Последние делятся на следующие уровни:

Уровень 1. Физическая линия, обмен информацией с АТС. В этом случае может быть рекомендован дуплексный канал со скоростью передачи 80 кбит/с.

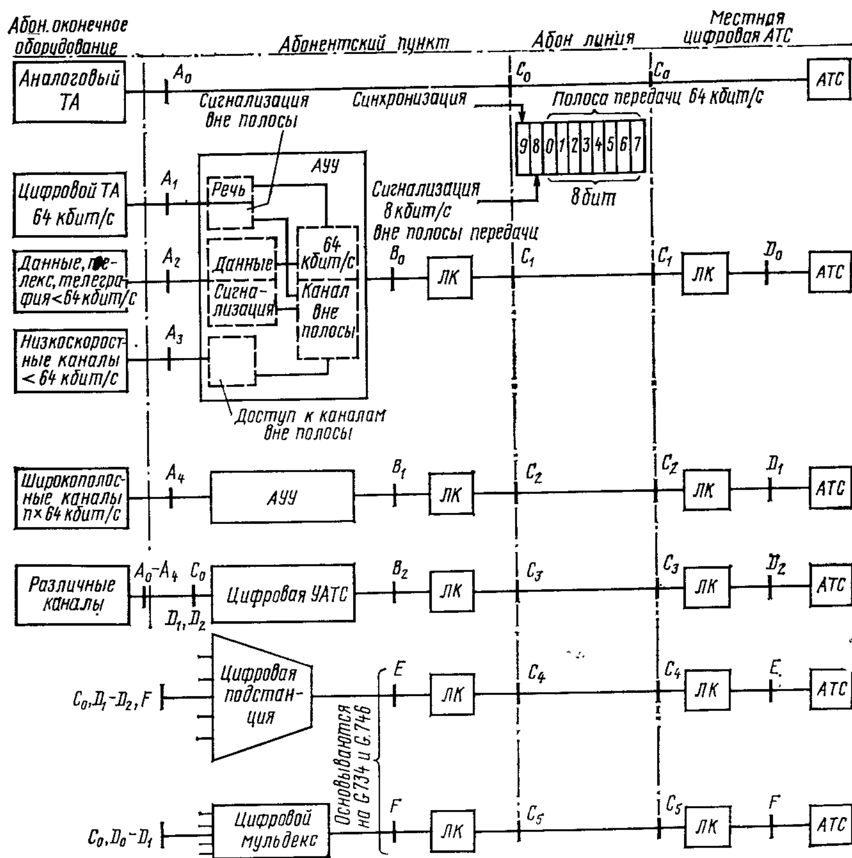


Рис. 5.11. Стыки в абонентском цифровом оборудовании

Уровень 2. Цифровой канал, обмен информацией с АТС. Протокол ориентируется на передачу по битам, в цикл входят ограничители цикла (флаги), ввод или изъятие нулей и циклическая проверка для защиты от ошибок.

Уровень 3. Цифровой канал, маршрутизация при обмене информацией между двумя абонентскими установками (абонент—абонент).

Уровень 4. Цифровой канал, управление при передаче абонент—абонент.

Уровень 5. Цифровой канал, передача абонент—абонент. Передаются сигнальная информация и информация по техническому обслуживанию абонентского оборудования.

Для синхронизации на цифровой АЛ выделяется цифровой канал со скоростью передачи 8 кбит/с, который организуется таким же образом, как и выделенный канал сигнализации, т. е. добавлением битов к каждому кодовому

слову. В результате передаваемое слово в простейшем случае, когда объем передаваемой информации равен $V+S+F$, состоит из 10 или более бит и скорость передачи по АЛ составляет 80 кбит/с.

Абонентские цифровые тракты передачи следует строить по четырехпроводной схеме на четырех- и двухпроводных физических линиях. На двухпроводной физической линии для создания четырехпроводного цифрового тракта передачи используются следующие способы:

частотное разделение каналов — от абонента на АТС цифровые сигналы передаются в полосе видеочастот, а в обратном направлении — в узкополосном канале;

дифференциальные системы и разделение направлений передачи во времени.

Аналого-цифровое преобразование в оконечных абонентских устройствах в большинстве случаев основано на ИКМ, но также используется и компандированная дельта-модуляция.

Для обеспечения в будущем возможности широкого распространения цифровых оконечных абонентских устройств (терминалов), цифровых подстанций и цифровых учрежденческих АТС уже в настоящее время необходимо стандартизировать абонентское оборудование и в первую очередь стыки. В абонентском оборудовании можно выделить четыре группы стыков (интерфейсов):

группа А — между оконечными абонентскими устройствами и абонентским управляющим устройством АУУ;

группа В — между абонентским управляющим устройством или цифровой УАТС и линейными комплектами ЛК;

группа С — линейный стык между линейными комплектами ЛК и линиями;

группы D, Е и F — между линейными комплектами и цифровой АТС.

Стыки группы А в зависимости от типа используемых абонентских устройств и скорости передачи разделяются на несколько типов A_0—A_4.

Стыки В обеспечивают передачу ранее упомянутых телефонных и нетелефонных цифровых сигналов. В зависимости от используемого оборудования и скорости передачи различают стыки между АУУ и ЛК — B_0 при скорости передачи 64 кбит/с и B_1 при скорости передачи $n\times64$ кбит/с; между цифровой УАТС и ЛК — B_2 при скорости передачи больше 64 кбит/с.

Линейные стыки определяются скоростью передачи и типом абонентской или соединительной линии.

Стыки группы D обеспечивают согласование работы линейных комплектов с цифровыми АТС и так же разделяются на несколько видов (D_0, D_1, D_2) по тем же признакам, что и стыки группы В, но они не аналогичны им.

Стыки Е и F строятся в соответствии с рекомендациями МККТТ (G.703, G.734 и G.746).

5.3. Построение цифровых сетей связи

На цифровых сетях связи передача любого вида информации в цифровой форме осуществляется одинаково, однако скорость передачи может быть различной. Для передачи информации разных видов связи используют одни и те же линейные тракты систем передачи. Известны сети связи, объединяющие такие виды связи, как телефонную, двустороннее кабельное телевидение и радиовещание, каждый из которых в других местах имеет отдельную сеть. На цифровых сетях могут широко использоваться обходы и динамическое управление потоками нагрузки, так как цифровые каналы и коммутация являются четырехпроводными и на станциях применяется программное управление. Все это позволяет наряду с традиционными принципами построения сетей использовать новые принципы.

В настоящее время применяются следующие принципы построения цифровых сетей связи: радиальный, древообразный, радиально-узловой, кольцевой и ячеистый. Древообразные и кольцевые цифровые сети связи получили развитие, потому что появились системы передачи с большим числом каналов. Однако по-прежнему основным для цифровых телефонных сетей является радиально-узловое построение.

Радиальные, древообразные и кольцевые сети в первую очередь строятся на территориях, где мала телефонная плотность, абоненты распределены небольшими группами и нагрузка относительно невелика.

Местные цифровые сети, являющиеся основой построения национальной цифровой сети, имеют существенные преимущества по сравнению с местными аналоговыми сетями по экономическим показателям, качеству передачи и услугам [76]. Однако внедрение цифрового оборудования на существующих телефонных сетях и постепенный перевод последних в цифровые связаны с большими трудностями требуют решения многих задач [78, 122].

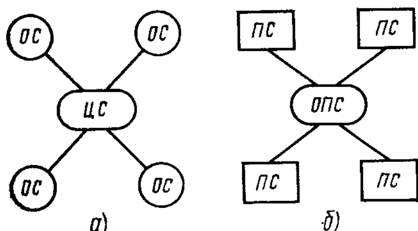


Рис. 5.12. Радиальные сети:
а) с центральной и оконечной станциями; *б*) с опорной станцией и подстанциями

Радиальные сети. Радиальные цифровые сети имеют наиболее простое построение. Сеть содержит одну центральную ЦС и несколько оконечных ОС станций, связанных с ЦС (рис. 5.12, *а*). Емкость такой сети, как правило, небольшая. Такая сеть позволяет ЦС легко осуществлять управление ОС. В простейшем случае радиальная сеть может содержать опорную АТС ОПС и управляемые ею подстанции ПС (рис. 5.12, *б*). Радиальные сети неэкономичны по расходу кабеля, но обладают наилучшими эксплуатационными характеристиками.

Древообразные сети. При древообразной структуре сети (рис. 5.13) прокладывается основная магистраль, по которой с очень большой скоростью (сотни мегабит в секунду) передается цифровой поток. От этой магистрали делаются ответвления, например, с помощью мультиплексоров М, а к ответвлениям через устройства подключения УП подключаются абонентские пункты АП. В абонентском пункте выделяются одни, например телефонный, или несколько, например телефонный и телевизионный (кабельного телевидения с возможностью обратного управления), каналов. Древообразная структура сети наиболее экономична по расходу кабеля, но сложна по коммутации и обслуживанию.

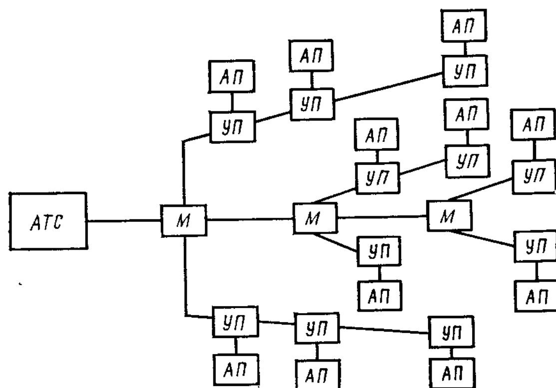


Рис. 5.13. Древообразная цифровая сеть

Радиально-узловые сети. Радиально-узловая сеть по существу является взаимосвязанным комплексом радиальных сетей. Принцип построения радиально-узловых цифровых сетей связи во многом аналогичен принципу построения аналоговых радиально-узловых сетей (рис. 5.14, *а*). Абонентские линии включаются в подстанции ПС, которые связаны общими каналами управления ОКУ с

опорными станциями ОПС. На ОПС осуществляется цифровая коммутация каналов ИКМ. Абонентские линии могут быть цифровыми или аналоговыми. В последнем случае на подстанции осуществляется аналого-цифровое преобразование. Подстанции также могут быть цифровыми или аналоговыми. Емкость ОПС 50 000—100 000 номеров. Таким образом, большинство городских телефонных сетей может быть нерайонированным, т. е. иметь одну станцию. Установка

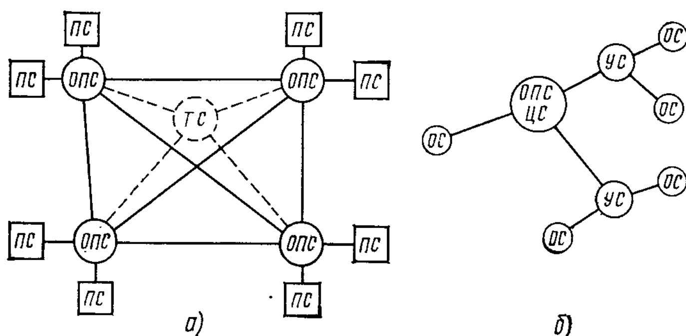


Рис. 5.14. Радиально-узловая цифровая сеть:
а) городская; *б*) сельская

подстанций емкостью 100—2000 номеров и связь их с ОПС каналами ИКМ позволяют экономично построить кабельную сеть как абонентских, так и соединительных линий. Абонентская сеть строится таким образом, что в большинстве случаев требуется только внутридомовая проводка, а в отдельных случаях короткие кабельные абонентские линии. На соединительных линиях используются первичные (ИКМ-30) и вторичные (ИКМ-120) цифровые системы, работающие по кабельным или волоконно-оптическим линиям связи. Наличие одной ОПС значительно упрощает построение сети, организацию связи и обслуживание.

При большой емкости сети строится районированная сеть, в которой ОПС соединяются по принципу «каждая с каждой». При емкости ОПС 50 000—100 000 номеров сеть может достигать емкости 1—2 млн. номеров, что фактически покрывает все потребности местных сетей. На сети соединительных линий могут быть использованы первичные, вторичные и третичные (ИКМ-480) системы связи.

Транзитные станции ТС (транзитные узлы) организуются только на очень крупных местных сетях (на рис. 5.14 показано пунктиром), а также на сетях меньшей емкости для специальных целей (например, узлы обходных связей — УОС, узлы экстренных и справочно-информационных служб).

Выход на междугородную сеть целесообразно организовывать непосредственно с ОПС, при этом в междугородном соединении уменьшается число коммутационных участков.

Местная цифровая радиально-узловая сеть связи на территориях с малой телефонной плотностью (сельские сети) строится с использованием опорных станций малой и средней емкостей и управляемых оконечных станций малой емкости. На такой сети могут найти применение малоканальные системы передачи (например, ИКМ-15).

Ячеистые сети. Использование цифрового коммутационного оборудования и цифровой аппаратуры передачи позволяет создать сеть связи, имеющей ячеистый вид или вид решетки (рис. 5.15). В узлах решетки устанавливаются транзитные станции ТС, в которые включаются ОПС, а в ОПС — подстанции. Каждая ОПС имеет связь с несколькими ТС. По такому принципу могут строиться ведомственные сети [43].

Установление соединений в ячеистой сети отличается от общепринятого. При снятии микротелефонной трубки телефонный аппарат вызывающего абонента

подключается к подстанции (или ОПС), абонент слышит сигнал ответа станции и набирает номер телефона вызываемого абонента. Этот номер фиксируется в ЦУУ ОПС. Как только набор номера окончен, проверяется, не включена ли линия вызываемого абонента в одну из подстанций данной ОПС: если включена, то соединение устанавливается обычным способом, если не включена, то зафиксированный номер одновременно передается на все соседние ТС и там анали-

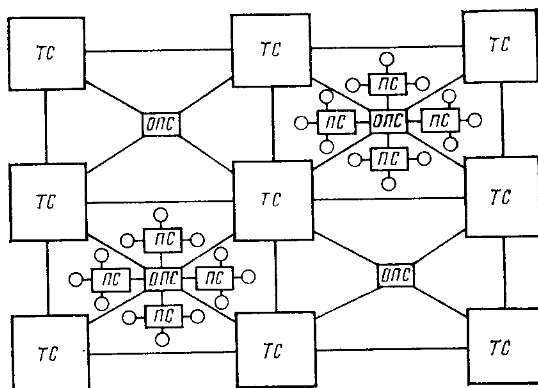


Рис. 5.15. Ячеистая (решетчатая) цифровая сеть

зируется. Если и здесь данной линии нет, то вызов передается дальше по всем направлениям сети. Такой способ поиска называют волновым поиском. Когда на какой-либо ТС будет обнаружено, что телефонный аппарат вызываемого абонента включен в зоне данной ТС, то будет послан обратный сигнал на станцию вызывающего абонента. Этот сигнал передается по тому же пути, по которому поступил номер телефонного аппарата вызываемого абонента, но в обратном направлении. Приняв обратный сигнал, исходящая ОПС прекращает поиск по другим путям.

В рассматриваемой сети номер абонента не зависит от географического положения. Волновой поиск не требует пересчетных устройств. Его целесообразно применять на сетях с быстроменяющейся конфигурацией. Известно несколько разновидностей волнового поиска.

Основной недостаток сетей с волновым поиском — перегрузка сети служебной информацией — в цифровых сетях, имеющих ОКС с большой пропускной способностью и быстродействующие процессоры, не столь критичен, как в аналоговых.

Кольцевые сети. В кольцевой сети кабель, по которому передаются импульсы сигналов со скоростью несколько десятков или сотен мегабит, в виде петли включается в АТС [35, 98, 102, 124, 135 и 136]. К четырехпроводному тракту петлевой (кольцевой) линии на всем ее протяжении подключаются абонентские пункты либо непосредственно, либо через устройства коммутации. Через коммутационные устройства (оконечные станции или подстанции) абонентские линии на время передачи информации получают доступ к кольцевой линии. Аналогичный доступ может быть обеспечен через мультиплексоры.

Кольцевая сеть представляет собой двух- или четырехпроводную линию, которая проходит через ряд населенных пунктов, и к ней на всем ее протяжении подключаются оконечные станции ОС или абонентские пункты АП (рис. 5.16). В четырехпроводной линии к одной паре подключаются, например, телефонные аппараты, а другая служит в качестве обратной линии. Передача осуществляется в одном направлении. При использовании четырехпроводной линии устройства связи, например мультиплексоры М, могут подключаться к обеим парам. В этом случае передача ведется в двух направлениях. Подключение ОС, АП или ТА осуществляется через специальные устройства подключения УП, обес-

печивающие выделение соответствующего цифрового потока и введение информации в цифровой поток.

По кабельной линии передается цифровой поток с большой скоростью (до 300 Мбит/с), в котором организуется несколько цифровых каналов. Скорость передачи в этих каналах может быть одинаковой, например 64 кбит/с, или разной, например 64 кбит/с для телефонной связи, 64×4 кбит/с для высококачест-

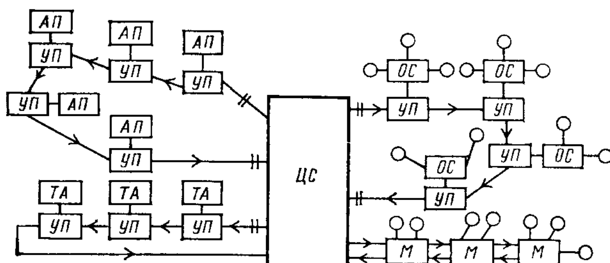


Рис. 5.16. Включение кольцевых линий связи в АТС

венного радиовещания, 45 Мбит/с (или 22 Мбит/с) для телевидения. Каналы либо закрепляются за подключенными к линии устройствами, либо предоставляются им на время передачи сообщений.

При организации в линии однотипных цифровых каналов и подключении к линии нескольких ОС каналы служат в качестве соединительных линий, общих для всех ОС. В этом случае используется распределенное управление (см. разд. 3.1.4). Если каналы разнотипные, то в абонентском пункте выделяется требуемый канал, например телевидения.

Кольцевые сети характеризуются сложной коммутацией и пониженной надежностью.

5.4. Внедрение цифровых АТС в аналоговые сети

Следует отметить, что, поскольку новая цифровая сеть создается, как правило, в местах, где имеется аналоговая телефонная сеть, и кроме того, наряду с выпуском цифровых АТС продолжается выпуск аналоговых АТС, одними из основных и самых трудных вопросов являются организация взаимодействия цифровой и аналоговой сетей и способы внедрения цифрового оборудования. При этом целесообразно руководствоваться следующими исходными положениями:

связь двух аналоговых телефонных аппаратов устанавливается через аналоговую телефонную сеть;

связь цифрового телефонного аппарата, т. е. аппарата, включенного в цифровую ОПС (даже через аналоговую абонентскую линию и аналоговую подстанцию), с другим таким же аппаратом организуется через цифровую сеть;

связь аналогового ТА с цифровым телефонным аппаратом в пределах местной сети осуществляется с одним аналого-цифровым преобразованием.

Из этих положений вытекает, что новые цифровые станции должны быть взаимосвязаны цифровыми каналами передачи (внедрение методом наложения) и что сеть желательно развивать на однотипном оборудовании. Цифровые АТС в первую очередь целесообразно внедрять на тех сетях, где имеются цифровые системы передачи. Необходимо иметь четкий перспективный план развития местных сетей, в котором должно быть определено, с помощью какого коммутационного оборудования и систем передачи развивается данная местная сеть. Желательно, чтобы при развитии той или иной местной сети использовалось однотипное оборудование. Например, одна сеть развивается на основе декадно-шаговых АТС, другая — координатных, третья — квазиэлектронных, четвертая — цифровых. Такой способ позволит строить сети с минимальными затра-

тами и получать при этом максимальный эффект. Возможно, конечно, внедрение на одной сети коммутационного оборудования и аппаратуры передачи различного типа, но при этом затраты будут больше, а возможности станций с программным управлением нельзя будет использовать.

Предполагается следующий порядок внедрения цифровых АТС для сетей, развитие которых будет происходить на основе цифрового оборудования:

1. Сети, емкости которых в перспективе не превысят емкости ОПС:

а) на сети имеется одна аналоговая АТС (рис. 5.17, *а*). В будущем центре телефонной нагрузки устанавливается цифровая ОПС по возможности большей емкости (чем больше емкость, тем экономичнее коммутационное оборудование и

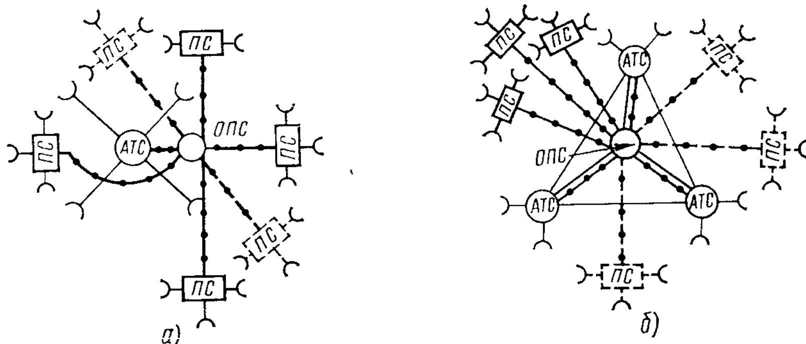


Рис. 5.17. Введение цифровых АТС на нерайонированной телефонной сети:
а) с одной аналоговой АТС; *б*) с несколькими аналоговыми АТС

тем больше будет экономическая отдача). Подстанции выносятся в место концентрации абонентов. Существующая аналоговая АТС соединяется каналами ИКМ с ОПС. В дальнейшем по мере развития сети устанавливаются новые подстанции. Когда аналоговая АТС устареет, ее демонтируют и заменяют подстанциями;

б) на сети имеется несколько аналоговых АТС (рис. 5.17, *б*). Аналогично предыдущему в будущем центре телефонной нагрузки устанавливается цифровая ОПС, подстанции выносятся к абонентам в место, где предполагалась бы установка новой аналоговой АТС. Все аналоговые АТС связываются с цифровой ОПС цифровыми каналами. В этом случае ОПС для аналоговых станций может служить узлом обходных связей УОС. В дальнейшем развитие сети происходит аналогично предыдущему случаю.

2. Сети, емкости которых в перспективе превысят емкость ОПС:

а) на сети несколько аналоговых АТС, но нет узлов (транзитных станций) (рис. 5.18). На сети устанавливаются одна или несколько цифровых ОПС, которые соединяются друг с другом цифровыми каналами. С существующими аналоговыми станциями ОПС могут быть связаны как цифровыми (рис. 5.18, *а*), так и аналоговыми соединительными линиями (рис. 5.18, *б*). При связи цифровыми линиями аналоговые АТС соединяются не со всеми цифровыми ОПС, а только с одной или двумя ближайшими ОПС, через которые обеспечивается выход к другим ОПС. При связи аналоговыми линиями необходима непосредственная связь со всеми ОПС. Кроме того, в этом случае увеличивается объем оборудования линейных комплектов;

б) на сети наряду с аналоговыми АТС имеются транзитные станции (узлы). Устанавливаются цифровые ОПС, которые условно относятся к определенным узловым районам. Опорные АТС соединяются друг с другом и аналоговыми узлами цифровыми каналами. Цифровые ОПС также соединяются цифровыми или аналоговыми (что хуже) линиями с аналоговыми станциями «своего» узло-

вого района и выполняют для них роль цифровой транзитиой станции (узла исходящего и входящего сообщеиий).

На сельских сетях (рис. 5.19) цифровые АТС (ОПС) в первую очередь должны устанавливаться в крупных населенных пунктах в качестве централь-

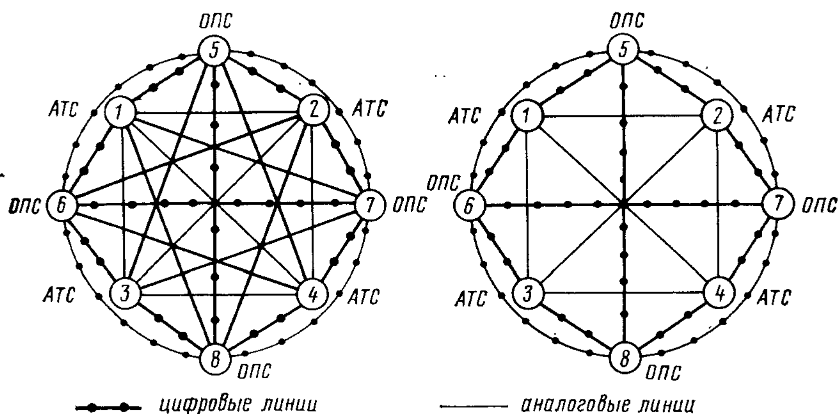


Рис. 5.18. Введение цифровых АТС на районированной телефонной сети без узлов:
а) связь с аналоговыми станциями по аналоговым линиям; *б*) связь с аналоговымн станциями по цифровым линиям

ных ЦС и узловых УС станций, где необходим четырехпроводный транзит. В ОПС затем включаются управляемые АТС. Все станции связываются каналами ИКМ.

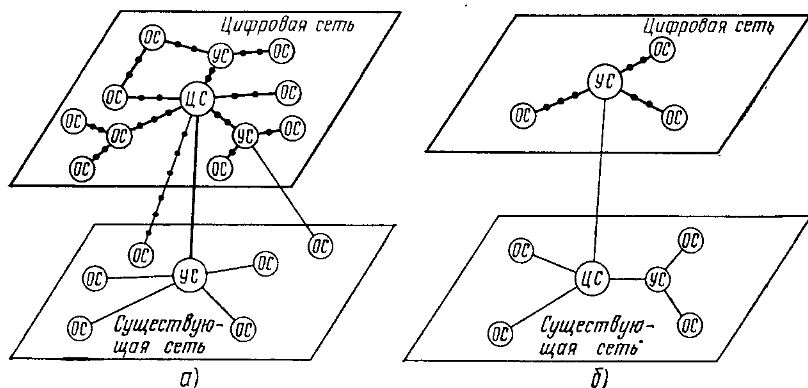


Рис. 5.19. Введеиие цифровых АТС на сельских телефонных сетях:
а) введение начинается с ЦС; *б*) введеиие начинается с УС

На радиально-узловых цифровых сетях связи соединения устанавливаются обычными способами от станции к станции. Передача сигналов управления может осуществляться несколькими способами. Предпочтение по ранее изложенным причинам следует отдать ОКС.

5.5. Интегральные сети связи

В определениях МККТТ различают два вида интегральных сетей:

цифровую интегральную сеть, в которой соеднннения установлены с помощью цифровой коммутации и цифровых систем передачи;

интегральную по обслуживанию цифровую сеть, в которой используются одни и те же цифровые соединнтелн и цифровые пути при установленин соединений для различных вндов связи, например телефонной, передачн данных и т. п.

Сетн первого типа более правильно называть просто цифровыми. Прннципы построения этих сетей и их отдельных элементов рассмотрены в данной главе. В настоящем разделе рассматриваются основные особенности цифровых сетей второго типа.

На цифровой телефонной сети, так же как и на существующих аналоговых телефонных сетях, абонентам может быть предоставлена как услуга возможиость передачи различной нетелефонной информации (передача данных, факсимильная связь и т. п.), и несмотря на это, данные сети не называют ннтегральиыми. Передача нетелефонной информацнн по телефонной сети (аналоговой и цифровой) характеризуется следующими важными особенностями:

1) соединения устанавливаются с помощью телефонного аппарата по телефонному алгоритму;

2) независимо от скорости передачи занимается весь телефонный канал 64 кбит/с;

3) после установления соединения режим работы и передача информации не контролируются и не управляются коммутационными станцнями;

4) не обеспечивается связь с другими вторичными сетями;

5) осуществляется телефонная эксплуатация коммутационных станций.

В простейшем случае, например, передача данных может осуществляться с тастатурного аппарата. Даже при использовании более сложной аппаратуры передачи данных на телефонной сети отсутствуют автоматическая идентификация передающей станции и фиксация прохождения соединения через промежуточные станции.

В противоположность рассмотренному в интегральных по услугам сетях связи для пользователя сохраняются все особенности интегрированной вторичиой сети. Эти особенности заключаются в основном в следующем:

1) при передаче различных видов нетелефонной информации соединения устанавливаются без использования телефонного аппарата таким же способом, как это принято в соответствующей выделенной сети по принятым в данной сети протоколам. Пользователь может даже ие знать, что он является абонеитом не выделенной, а ннтегральной сети;

2) для передачи нетелефонной информации используется цифровой канал требуемой ширины (скорости передачи). При этом в основном цифровом канале может быть размещено несколько более узких каналов;

3) режим работы и передача контролируются и управляются коммутациониыми станциями в соответствии с протоколами соответствующнх сетей, при этом на интегральной сети возможно создание специальных центров для коммутацни нетелефонных сообщений, где может размещаться дополнительное оборудование;

4) для пользователей интегральной сети обязательно обеспечивается связь с пользователями соответствующих выделенных вторичных сетей;

5) эксплуатация интегральной сети усложнена тем, что необходимо обеспечить особенности каждого вида передаваемой информации в соответствии с их протоколами.

Естественно, что построение такой интегральной сети может быть осуществлено только постепенно на основе преобразования цифровой телефонной сети, поэтому уже при создании цифровой телефонной сети должна быть заложена возможность непрерывного введения новых услуг без значительного увеличеиия стоимости сети, а также возможность интеграции обслуживания.

Глава 6

Электропитание квазиэлектронных и электронных АТС

6.1. Принципы построения электропитания

Обеспечение надежного и экономичного способа электропитания устройств связи, н в частности АТС, в настоящее время становится одной из важнейших задач. Это связано как с повышением требований к электропитающим устройствам со стороны новых коммутационных систем, так и с общими энергетическими трудностями. Наряду с использованием традиционных первичных источников электропитания устройств электросвязи, таких, как сеть переменного тока, дизельные и газотурбинные установки, ведутся исследования по созданию новых источников электроэнергии: топливных элементов, солнечных батарей, термоэлектрических преобразователей.

На АТС требуются различные виды источников электропитания: постоянного тока различного напряжения для электропитания оборудования АТС и аварийного освещения, переменного тока промышленной частоты (50 или 60 Гц) для электропитания устройств вентиляции и кондиционирования, а также освещения и хозяйственных нужд здания, переменного тока тональных частот (425 Гц) для создания сигнально-вызывными устройствами (СВУ) акустическнх сигналов и пониженной частоты (25 или 16 2/3 Гц) для вызывного тока, переменного тока для электропитания двигателей внешних устройств ЭУМ (рис. 6.1). В связи с большим числом установок связи и значительным потреблением электроэнергии (от 2,7 до 5,0 Вт на линию) весьма актуальным является снижение потребления электроэнергии различными устройствами электросвязи.

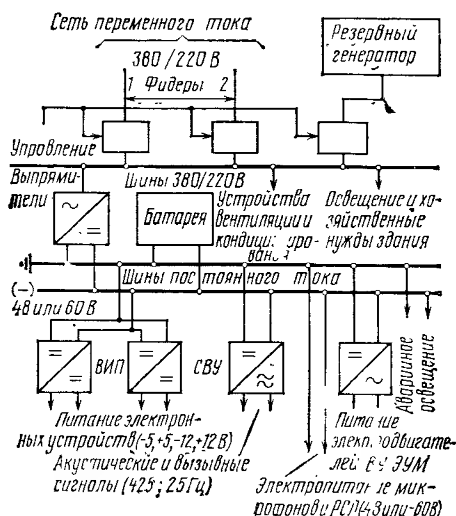


Рис. 6.1. Построение электропитающей установки АТС

Основным источником электроснабжения существующих электромеханических систем АТС является сеть переменного тока. Для преобразования переменного тока в постоянный, необходимый для электропитания оборудования станции, используются выпрямители. Для обеспечения требуемой живучести основного источника перемеиный ток от сети к выпрямителям подводится по двум различным фидерам. Сеть переменного тока, кроме того, как правило, резервируется станционной аккумуляторной батареей.

Резервирование аккумуляторной батареей может осуществляться несколькими способами. Наиболее распространенным и используемым в станциях большой емкости является способ буферной работы. При этом способе аккумуляторная батарея подключается параллельно к выходу выпрямителей и служит для него весьма эффективным сглаживающим фильтром и динамическим стабилизатором выходного напряжения. При пропадании напряжения в сети переменного тока электропитание станции осуществляется от аккумуляторной батареи. В зависимости от условий энергоснабжения емкость аккумуляторной батареи (в ампер-часах) рассчитывается таким образом, чтобы обеспечить электро-

питание станции в течение определенного времени (1, 2, 3 и даже 6 ч.). При буферной работе используются кислотные аккумуляторы открытого или закрытого типа. В дополнение к указанным средствам на АТС большой емкости устанавливаются дизельные генераторы или генераторы с газовыми турбинами, которые включаются в работу при пропадании напряжения в сети переменного тока. В этом случае аккумуляторная батарея рассчитывается на работу на время запуска дизельной установки (15—30 мин).

В станциях меньшей емкости используется резервирование по способу заряда-разряда. В этом случае при пропадании напряжения в сети переменного тока заряженная аккумуляторная батарея подключается к шинам электропитания станции. При способе заряда-разряда могут использоваться как кислотные, так и щелочные аккумуляторы закрытого типа. Выпрямители и аккумуляторная батарея образуют опорный источник электропитания.

В ряде случаев для АТС малой емкости применяют безаккумуляторное питание: электропитание осуществляется от резервированной сети переменного тока (два фидера), а при пропадании напряжения в сети АТС не работает. При появлении напряжения работоспособность АТС восстанавливается.

В электромеханических АТС для электропитания оборудования требуется опорный источник постоянного тока одного напряжения (наиболее распространены —48, —50 и —60 В) с заземленным плюсом. В электромеханических АТС потребление электроэнергии практически пропорционально емкости АТС, зависит от нагрузки и в течение суток весьма неравномерно: от минимума, практически равного нулю, при отсутствии телефонной нагрузки (ночное время) до максимума (сотни и даже тысячи ампер) в час наибольшей нагрузки.

Оборудование электромеханических АТС не предъявляет особых требований к динамическим характеристикам устройств электропитания.

При коротких замыканиях в токораспределительной сети и последующем срабатывании защиты (перегорание плавкого предохранителя, включение защитного автомата) наблюдаются значительные падения и выбросы напряжения (рис. 6.2). Приборы электромеханических АТС (реле, искатели, МКС) инерционны и практически не реагируют на эти весьма кратковременные (миллисекунды) переходные процессы. Возникающие пиковые напряжения (до 200 В) не выводят электромагнитные приборы из строя и из-за кратковременности действия не вызывают их срабатывания.

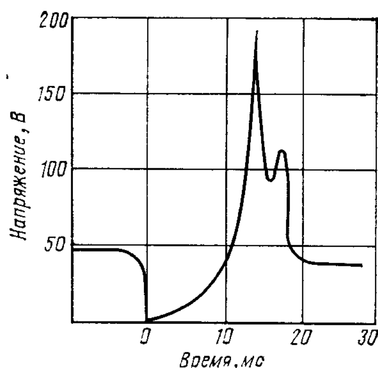
Когда пропадает сеть переменного тока и включается аккумуляторная батарея, то ее напряжение при разряде на нагрузку постепенно уменьшается и через некоторое время требуется его увеличение. Для поддержания напряжения батареи близким к номинальному используются или противоэлементы, или вольтодобавочные элементы.

Если используются противоэлементы (рис. 6.3, *а*), то батарея образуется из большего числа (например, 32) кислотных аккумуляторов. Полностью заряженный аккумулятор имеет напряжение 2,25—2,3 В, и вся батарея будет иметь напряжение —70 В. Для гашения избыточного напряжения в цепь нагрузки постоянно включены две группы противоэлементов, каждая из которых снижает напряжение приблизительно на 4—5 В. При пропадании сети переменного тока электропитание осуществляется от аккумуляторной батареи через противоэлементы. Как только напряжение на нагрузке снизится до 60 В, реле напряжения (РН) отпускает и выключает одну группу противоэлементов. После определенного времени при дальнейшем снижении напряжения на нагрузке аналогичным образом выключается вторая группа противоэлементов. В качестве противоэлементов используются мощные кремниевые диоды. Так как на противоэлементах постоянно выделяется определенная мощность, то рассмотренный способ используется в АТС небольшой емкости.

При применении вольтодобавочных элементов, в качестве которых обычно используются аккумуляторы, аккумуляторная батарея (рис. 6.3, *б*) также состоит из 32 аккумуляторов, разделенных на три группы: основная батарея (28 аккумуляторов) и две дополнительные группы по два аккумулятора в группе (28+2+2). Основная и дополнительные батареи могут состоять из одной или двух групп аккумуляторов. Использование двух групп аккумуляторов, соединенных параллельно, позволяет уменьшить емкость аккумуляторов. При выключении сети переменного тока электропитание осуществляется от основной

батареи (63 В), а затем по мере падения напряжения РН включает первую и вторую дополнительные группы.

Изменение напряжения при разряде может происходить плавно, но достаточно быстро, а изменение напряжения при выключении противоэлементов или включении вольтодобавочных элементов происходит ступенчато (рис. 6.3, *в*). Это вызывает переходные процессы в токораспределительной сети. Электромагнитные приборы электромеханических АТС на эти переходные процессы практически не реагируют.



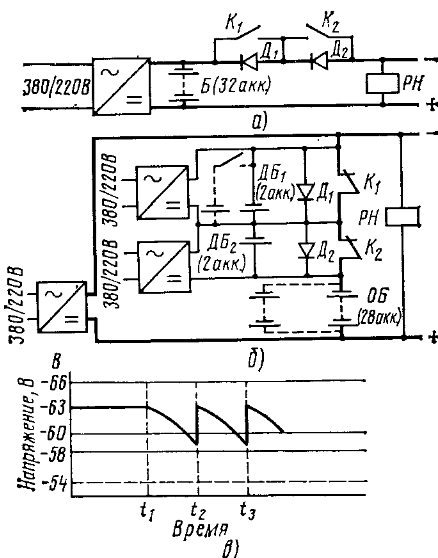


Рис. 6.2. Переходный процесс при коротком замыкании в токораспределительной сети

Рис. 6.3. Построение электропитающих установок:

а) с противоэлементами; *б*) с вольтодобавочными элементами; *в*) изменение напряжения при отключении сети переменного тока (t_1 — выключение выпрямители; t_2 — выключение первой группы противоэлементов или подключение первой группы добавочных аккумуляторов; t_3 — то же, второй группы)

Токораспределительная сеть (ТРС) электромеханических АТС состоит из магистральных шин, прокладываемых от аккумуляторной батареи до автоматного зала. В автоматном зале магистральные шины прокладываются перпендикулярно стативным рядам с одного или обоих краев рядов. От магистральных шин вдоль ряда прокладываются рядовые шины, от которых делаются отводы (снижения) на стативы. Магистральные и рядовые шины могут изготовляться из меди или алюминия. При одинаковом пропускаемом токе и падении напряжения медные шины и провода имеют меньшие габаритные размеры, но большие массу и стоимость, чем алюминиевые (табл. 6.1) [141].

Для уменьшения падения напряжения в токораспределительной сети активное (омическое) сопротивление шин и проводов стремятся сделать минимальным. Внутреннее сопротивление аккумуляторной батареи приблизительно равно 4 МОм, а сопротивление шин от батареи до распределительной сети — 2 МОм и в распределительной сети также 2 МОм. Омическое сопротивление предохранителей в цепях электропитании значительно меньше, и его обычно не учитывают. Шины и провода ТРС прокладываются таким образом, чтобы они имели наименьшую индуктивность — с уменьшением расстояния между шинами индуктивность уменьшается. В существующих ТРС индуктивность приблизительно

Таблица 6.1. **Сравнительные данные алюминиевых и медных шин**

Тип шин	Абсолютные данные			Относительные данные		
	Габаритные размеры, мм	Масса, кг/м²	Стоимость, фунты стерлингов	Объем	Масса	Стоимость
Алюминиевые из пластин толщиной 12,7 мм	203×190 (38 570 мм²)	58	66	1	1	1
Медные из пластин	203×115 (23 345 мм²)	115	169	0,6	2	2,5
Медные из проводов сечением 30 мм	132×355 (46 860 мм²)	146	390	1,2	2,5	6

равна 1 мкГн/м. В существующих ТРС заземленный плюсовый провод является общим как для системы электропитания, так и для систем сигнализации (обратный провод), а также для заземления корпусов оборудования (заземление массы).

Обычно в здании, где размещается оборудование АТС, находится и другое оборудование связи (аппаратура передачи и т. п.). В этом случае для электропитания оборудования различного типа используются общие устройства электропитания. Мощность этих устройств зависит от емкости АТС и объема другого оборудования, а общее потребление электроэнергии может достигать весьма больших величин (нескольких тысяч вольтампер).

6.2. Особенности электропитания квазиэлектронных и электронных АТС

Особенности электропитания в АТСКЭ и АТСЭ в основном заключаются в следующем.

В квазиэлектронных и электронных АТС для электропитания микрофонов телефонных аппаратов и приборов комплектов соединительных линий требуется постоянный ток с напряжением опорного источника (—48 или —60 В), но наряду с этим необходимо несколько источников постоянного тока с низким напряжением (например, —5, +5, —12, +12 В) для электропитания полупроводниковых устройств. Эти низковольтные источники должны иметь малые колебания напряжения, большую мощность и, следовательно, большой ток. При большой величине тока для обеспечения малого падения напряжения в подводящих проводах последние должны иметь малое сопротивление и хорошую развязку. Для получения указанных градаций напряжений используют преобразователи постоянного тока в постоянный, называемые вторичными источниками питания (ВИП).

Кроме источника постоянного тока для АТСКЭ и АТСЭ требуется источник переменного тока, который обеспечивает питание электродвигателей внешних устройств. Источник переменного тока должен быть резервирован от аккумуляторной батареи, т. е. необходим преобразователь постоянного тока в переменный.

В квазиэлектронных и электронных АТС управляющие устройства (ЭУМ и ПУУ), а в АТСЭ и КП находятся в работе независимо от того, есть телефонная нагрузка или нет. Это приводит к тому, что АТС потребляет значительную мощность при отсутствии телефонной нагрузки. С появлением телефонной нагрузки потребляемая мощность возрастает. С увеличением емкости станции потребляемая мощность также возрастает, но не пропорционально емкости станции. Таким образом, в новых системах АТС потребляемая мощность электропитания складывается из двух частей: постоянной, не зависящей от телефонной

нагрузки и определяемой типом ЭУМ, используемыми полупроводниковыми приборами и емкостью АТС, и переменной, зависящей от нагрузки.

Полупроводниковые приборы, используемые в АТСКЭ и АТСЭ, являются безынерционными, поэтому колебания напряжения и различные выбросы влияют на их работу, а значительные перенапряжения могут вывести их из строя. Время срабатывания полупроводниковых устройств и приборов весьма мало (микросекунды) и значительно меньше длительности переходных процессов, возникающих при перерывах электропитания. Поэтому к электропитанию АТСКЭ и АТСЭ предъявляются значительно более жесткие требования по стабильности напряжения и длительности переходных процессов.

Построение токораспределительной сети в АТСКЭ и АТСЭ существенно отличается от электромеханических АТС. Так как для электропитания устройств, построенных на интегральных схемах, требуются низкие напряжения и допускается малое падение напряжения на подводящих проводах, то ВИП устанавливаются возможно ближе к этим устройствам, обычно на стативе или даже на этаже. К ВИП подводится постоянный ток с напряжением основного источника. Так как электронные схемы чувствительны даже к незначительным колебаниям питающего напряжения, а закорачивание выхода ВИП может привести к падению напряжения в подводящей шине, то используют радиальное построение токораспределительной сети.

Принципы построения системы электропитания и электропитающего оборудования для квазиэлектронных и электронных АТС еще окончательно не определились. Так как в этих системах АТС оборудование электропитания составляет значительный объем (вторичные источники — до 25% общего объема) и достаточно сложно, то ведутся большие работы по его совершенствованию [94].

6.3. Опорный источник

Опорный источник электропитающей установки АТС содержит выпрямители, аккумуляторные батареи, вольтодобавочные устройства (рис. 6.4, *а*). В ЭПУ квазиэлектронных и электронных АТС, как правило, используются тиристорные выпрямители. Выпрямительные установки строятся блочными, состоящими из отдельных выпрямителей, подключаемых на нагрузку параллельно. Максимальная мощность одной установки может достигать 5000 А при напряжении 48 В, максимальный ток одного выпрямителя — до 1000 А.

Аккумуляторная батарея, как и в существующих электромеханических АТС, является основным средством резервирования сети переменного тока. Так как емкость аккумуляторной батареи влияет на колебания напряжения при различных токах питания нагрузки и с увеличением емкости напряжение становится более стабильным, то в АТСКЭ и АТСЭ используются батареи, рассчитанные не менее чем на трехчасовой разряд независимо от надежности сети переменного тока.

Как уже указывалось при использовании противоэлементов или вольтодобавочных элементов напряжение на питающих шинах изменяется неплавно. В ЭПУ электронных АТС в качестве вольтодобавочного элемента используют вольтодобавочный преобразователь постоянного тока в постоянный — вольтодобавочный конвертор (ВДК), который включается последовательно с батареей [87, 142]. В нормальном режиме при наличии напряжения сети ВДК не работает и его выход шунтирован диодом $Д_1$. При пропадании сети автоматически включается ВДК и создает добавочное напряжение в цепи нагрузки. Он получает питание от аккумуляторной батареи и, работая в автоматическом режиме, позволяет поддерживать напряжение в достаточно узком диапазоне (при номинале $60{,}5\mp0{,}5$ В). Вольтодобавочный конвертор может не только повышать, но и понижать напряжение батареи. Это позволяет использовать его в качестве постоянно работающего конверторного регулятора. Питание нагрузки в данном случае осуществляется от сети переменного тока через неуправляемые выпрямители и ВДК. Аккумуляторная батарея отключена от нагрузки и подключается к нагрузке через тиристорный ключ К при нарушении работы основных выпрямителей (ОВ). Заряд и подзаряд батареи производят выпрямители ВЗ и ВП соответственно.

Для увеличения надежности работы ЭПУ в нормальном режиме при использовании автоматизированных выпрямителей с авторегулированием выходного напряжения ВДК может быть включен не в цепь нагрузки, а в цепь аккумуляторной батареи. В табл. 6.2 в качестве примера приведены основные параметры выпрямителя с тиристорным управлением и ВДК, предназначенных для работы в блочной ЭПУ. Частота преобразования ВДК 20 кГц [142].

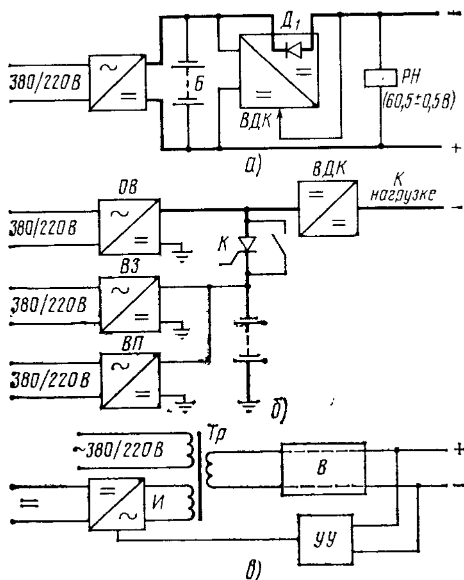


Рис. 6.4. Электропитающие установки для АТСКЭ и АТСЭ:
а) с вольтодобавочным конвертором; *б*) с ВДК и резервной батареей; *в*) устройство «трипот»

Для бесперебойного питания переменным или постоянным током электронных АТС применяется устройство (рис. 6.4, *в*), получившее название «трипот» (triport) [130]. В случае обеспечения питания постоянным током устройство содержит трансформатор Тр, выпрямитель с фильтром В, преобразователь переменного тока в переменный или постоянного тока в переменный (инвертор — И) и управляющее устройство УУ. В нормальном режиме выпрямитель получает через трансформатор электроэнергию от сети переменного тока и питает постоянным током нагрузку. При отклонении напряжения от заданных пределов УУ включает инвертор, который питается, например, от аккумуляторной батареи. Инвертор в зависимости от изменения напряжения на выходе выпрямителя включается в фазе или противофазе и тем самым сохраняет заданные пределы напряжения. Рассмотренное устройство позволяет повысить КПД электропитающей установки с 72 до 90%. Без выпрямителя (показано пунктиром) устройство обеспечивает бесперебойное питание переменным током.

Для обеспечения надежного электропитания АТС с ЭУМ используют блочные ЭПУ. Электропитание разделяется на секции (рис. 6.5). Например, две секции (А и В) питают ЭУМ, а одна секция (С) питает телефонное оборудование [87]. Секции А и В связаны с секцией С через диоды. При повреждении в секциях А или В соответствующая ЭУМ может получать электропитание из секции С.

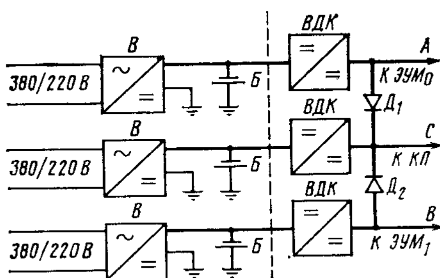


Рис. 6.5. Резервирование питания в электронных АТС

Для уменьшения потерь в токораспределительной сети и уменьшения сечения проводов в некоторых системах электропитания перешли на повышенное напряжение опорного источника до 140 В [131]. Повышение напряжения позволяет экономить на затратах на кабеле (до 15%), но снижает безопасность работ.

Так как в опорном источнике одними из основных элементов являются аккумуляторы, то к ним предъявляются повышенные требования. Аккумуляторы должны:

сохранять емкость и стабильное напряжение на протяжении длительного срока службы;

обеспечивать эффективную работу в буферном режиме;
быть нечувствительными к изменениям окружающей среды;
иметь незначительный разброс напряжения отдельных элементов;
сохранять стабильные параметры после транспортировки;
не иметь повреждений после глубокого разряда.

Проводятся большие работы по созданию современных аккумуляторов, удовлетворяющих указанным требованиям.

6.4. Токораспределительная сеть

Для подведения энергии от опорного источника к питаемым устройствам и ВИП на АТС строится токораспределительная сеть, которая должна быть высоконадежной и безопасной, обеспечивать возможность расширения при увеличении емкости АТС и быть экономичной. Наряду с созданием токораспределительной сети (ТРС) на АТС создается система заземлений, которая обеспечивает обратный путь для однопроводных систем межстанционной сигнализации.

При создании токораспределительной сети основной задачей являются подача электроэнергии с требуемыми допусками по напряжению (например, для напряжения минус $U_{пит} \pm U_{доп}$) и сохранение разности напряжений между любыми двумя заземленными точками не выше допустимой величины, например $U_{з.д}$. Для выполнения указанных требований на АТСКЭ и АТСЭ строится радиальная токораспределительная сеть [115, 141].

В радиальной токораспределительной сети к каждому функциональному блоку или стативу электропитание от опорного источника подводится отдельными проводами (минусовый и обязательной плюсовый), идущими непосредственно от опорного источника или от распределительного устройства (рис. 6.6).

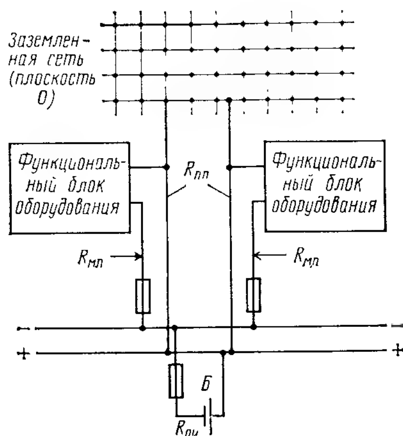


Рис. 6.6. Радиальная токораспределительная сеть

Радиальная ТРС характеризуется следующим:

относительно большое омическое сопротивление минусового провода ($R_{м.п}$);

малое внутреннее омическое сопротивление батареи опорного источника ($R_{о.и}$);

плюсовые провода соединены между собой через заземленную систему, образующую низкоомную сеть, которая позволяет получить очень малое омическое сопротивление плюсового провода ($R_{п.п}$).

Если в рассматриваемой радиальной ТРС в каком-либо функциональном блоке произойдет короткое замыкание, то соотношение падения напряжения между питающими проводами и шинами опорного источника определяется выражением

$$K = \frac{R_{м.п} + R_{п.п}}{R_{м.п} + R_{п.п} + R_{о.и}}, \qquad (6.1)$$

где $R_{м.п}$ — омическое сопротивление минусового провода; $R_{п.п}$ — омическое сопротивление плюсового провода; $R_{о.и}$ — внутреннее омическое сопротивление опорного источника.

Следовательно, напряжение опорного источника уменьшится незначительно. Для того чтобы подводимое к другим блокам напряжение с учетом падения напряжения на минусовом проводе ($R_{м.п}$) не упало ниже допустимой величины ($U_{п.доп}$), необходимо, чтобы напряжение опорного источника ($U_{о.и}$) было равно

$$U_{о.и} = \frac{U_{доп} + U_{м.п}}{K}. \qquad (6.2)$$

Относительно большое сопротивление минусового провода ограничивает ток короткого замыкания ($I_{к.з} = \frac{U_{о.к}}{R_{м.п}}$), что дает возможность построить заземляющую систему, обеспечивающую ограничение максимально допустимой разности напряжений и приводит к резкому уменьшению выбросов напряжений.

Заземление. Наибольшие отличия от АТС электромеханических систем представляет выполнение заземления. В обычной электромеханической системе плюсовая шина электропитания заземляется, и во всех устройствах точки, подлежащие заземлению, даже используемому в качестве обратного провода, подключаются к этой шине. При повреждении в цепях электропитания в такой системе заземления разность напряжения в разных точках могут достигать 10—15 В, а само повреждение может продолжаться до 20 мс. В электромеханических системах, где напряжения и длительность передаваемых сигналов, как правило, значительно выше, такая система заземления может использоваться.

При введении на АТС дискретных полупроводниковых приборов и напряжения, и скорости передачи сигналов становятся сравнимыми с возникающими при повреждениях. Тем более это относится к применению интегральных схем, при использовании которых сигналы имеют низкие напряжения (±5 В) и передаются с большими скоростями (миллионы импульсов в секунду), например в ЭУМ. В этих случаях электронные устройства имеют свою отдельную систему заземления, отделенную от «земляной» шины электропитания и связанную с ней только в одной точке. Такой способ применяется в некоторых квазиэлектронных АТС. В этом случае каждая плата и каждый статив имеют изолированные от корпуса штифты заземления, которые отдельными кабелями соединяются в самостоятельную сеть. Эта сеть в одной точке подключается непосредственно к станционному заземлению.

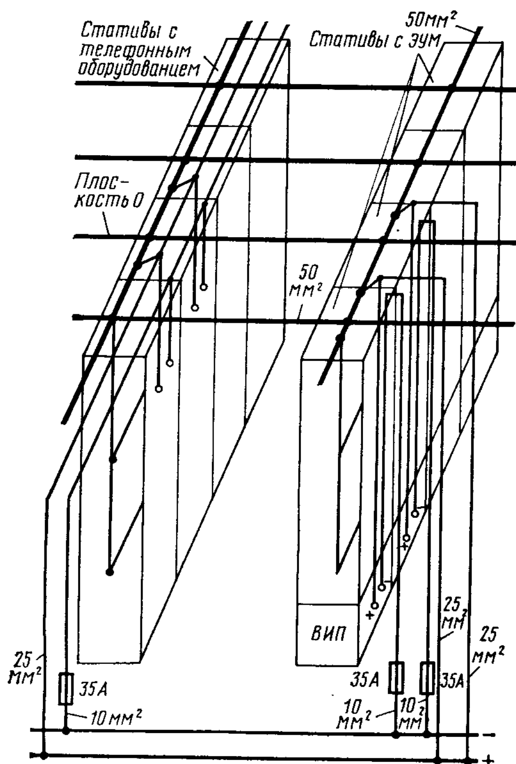


Рис. 6.7. Построение системы заземления

В цифровых электронных системах, где скорость передачи еще больше, а напряжения могут быть меньше, такая система заземления при повреждении в цепях электропитания может привести к нарушению работы АТС. Поэтому в новых системах цифровых АТС система заземления выполняется следующим образом (рис. 6.7) [115, 141, 142].

Сеть заземления выполняется медными проводами. Эти провода проходят в верхней части стативов вдоль рядов, а также над каждым стативом поперек рядов. В месте пересечения они надежно соединяются и образуют сетку, иногда называемую плоскостью 0.

Приведем некоторые данные токораспределительной сети одной из АТС [115]. Плоскость 0 выполнена изолированным медным проводом сечением 50 мм. При расстоянии до питаемых стативов от 25 до 70 м минусовый провод сечением 10 мм² и плюсовый сечением 25 мм² укладываются в непосредственной близости друг от друга на кабельростах или в желобах. При меньшем рассто-

Таблица 6.2. **Основные параметры выпрямителя и вольтодобавочного конвертора**

Параметры	Выпрямитель	Конвертор
Выходное напряжение, В	48	0—10
Выходной ток, А	100	100
Статическое регулирование, мВ	50	±0,5%
Время переходного процесса при изменении нагрузки ступенями в 25%, мс	150	5
Напряжение пульсаций, мВ:		
псофометрическое	0,6	Незначительное
пиковое	3	50
Падение напряжения в пассивном режиме (при $I_{ном}$), В	—	0,8
Допустимые колебания:		
входного напряжения, В	—15÷+10	38—56
то же, при сниженной точности регулировки, В	—20÷+10	—
частоты, Гц	47—63	—
Коэффициент мощности (75—100% $I_{ном}$)	0,8	—
Коэффициент полезного действия (50—100% $I_{ном}$)	0,90	0,8 (преобразователь) 0,95 (ВДК)
Допустимые линейные искажения, %	30	—
Помехи на радиочастотах, дБ (Мв)	53 (0,5)	80 (4)
Допустимый температурный режим, °С	0—55	—
Акустический шум, дБА	55	Незначительный
Масса, кг	170	30

янии в минусовый провод включается дополнительный резистор сопротивлением 30 МОм, при большем — увеличивается сечение провода. Такая пара проводов обеспечивает пропускание тока силой 17 А. К каждому конвертору, как правило, подводится своя пара питающих проводов (минусовый и плюсовый). Подходящий к конвертору плюсовый провод подключен также к проводу плоскости 0, проходящему вверху статива. Конвертор имеет автоматическую защиту, которая срабатывает при неисправностях в конверторе или вне его. Для защиты проводов в коммутационно-распределительном шкафу предусмотрены предохранители на 35 А. В телефонном оборудовании, где потребление электропитания меньше и переходные напряжения не столь опасны, может использоваться один минусовый провод на несколько стативов.

Рассматриваемая ТРС характеризуется следующими данными: $R_{м.п} \geqslant 45$ МОм; $R_{п.п} \leqslant 0{,}1$ МОм; $R_{о.и} < 4$ МОм. При этих данных из выражения (6.1) получаем, что $K = 0{,}92$, и, следовательно, при коротком замыкании напряжение опорного источника уменьшится только на 8%. Таким образом, напряжение опорного источника должно быть 49,5 В. Ток короткого замыкания незначительно превышает 1000 А ($I_{к.з} = \frac{49{,}5}{45 \cdot 10^3} = 1100$ А). Разность потенциалов ($U_{з.д}$) в различных точках заземленной плоскости при коротких замыканиях и других повреждениях в оборудовании не превышает 0,6 В.

В другой системе [141] токораспределительная сеть характеризуется следующими данными: падение напряжения от батареи до оборудования не превышает 2 В, максимальный ток в кабеле 15 А, максимальное падение напряже-

ния — 1 В, максимальная длина кабеля 17 м при токе 15 А и 65 м при токе 4 А. Используются кабели сечением 10 мм², выполненные в виде двойных медных проводов с изоляцией PVC. Проводка кабелей — радиальная. Применяются стандартные предохранители на 16 и 20 А со специальными характеристиками.

6.5. Вторичные источники питания

Вторичные источники питания (ВИП) являются источниками постоянного тока с низкими напряжениями и предназначены для электропитания полупроводниковых устройств, построенных на интегральных схемах.

Вторичные источники питания представляют собой преобразователи (конверторы) постоянного тока в постоянный. Они устанавливаются на стативах в непосредственной близости от питаемого ими оборудования и могут обеспечивать снабжение постоянным током одного или нескольких напряжений. Для питания нагрузки с большим потреблением тока выходы двух и больше ВИП могут объединяться (запараллеливаться).

К ВИП подводится напряжение опорного источника. Постоянный ток преобразуется в переменный или импульсный ток, который затем выпрямляется и фильтруется в постоянный ток требуемого напряжения. Переменный ток может быть низкой (например, 400 Гц) или высокой (20 кГц) частоты. Если промежуточное преобразование осуществляется на высокой частоте, то габаритные размеры ВИП могут быть снижены, но затруднена борьба с помехами. В ВИП малой мощности частота преобразования может достигать 45 кГц. В АТСКЭ и АТСЭ преимущественно используются ВИП с высокочастотным преобразованием.

С увеличением подводимого к ВИП напряжения коэффициент полезного действия ВИП повышается, поэтому использование напряжения 140 В может значительно увеличить КПД всей ЭПУ.

6.6. Электропитание переменным током

Электропитание переменным током двигателей ВУ ЭУМ может осуществляться несколькими способами: постоянным током от шин опорного источника через преобразователь, от сети переменного тока с безобрывным переключением на резервный преобразователь, работающий от постоянного тока. Непрерывное питание от постоянного тока неэкономично и возможно только при незначительном потреблении мощности переменного тока. Питание от сети переменного тока с переключением на резервный преобразователь требует сложной автоматики для безобрывного переключения. Наиболее рациональным следует признать использование устройства типа «трипот», работающего в режиме переменного тока.

Список литературы

1. **Аваков Р. А., Гольденберг Л. М., Игнатьев В. О.** Электронные управляющие машины. — М.: Связь, 1979. — 224 с.
2. **Аджемов С. А., Мисуловин Л. Я., Парилов В. П.** Интегральная квазиэлектронная аналого-цифровая система связи (ИКЭ АЦСС). — Электросвязь, 1975, № 10, с. 1—7.
3. **Бакланов Ю. А., Мисуловин Л. Я.** Принцип работы и структура программного обеспечения. — Электросвязь, 1975, № 11, с. 57—64.
4. **Анализ** системы операций управляющих устройств с записанной программой для коммутационных станций/Бакланов Ю. А., Буравцев В. М., Ворона А. Д. и др. — Электросвязь, 1977, № 7, с. 44—48.
5. **Бенеш В. Э.** Математические основы теории телефонных сообщений: Пер. с англ./Под ред. И. Н. Коваленко. — М.: Связь, 1968.

6. **Бескинд А. А., Шляпоберский В. И., Штагер В. В.** Построенне и использование управляющих комплексов «Нева». — Электросвязь, 1979, № 7, с. 27—31.
7. **Бирмаи Э.** Изменяющийся характер программного обеспечения систем коммутации. — М.: ТИИЭР, 1977, т. 65, № 9, с. 123—130.
8. **Брайли Б. Е., Дуй У. Н.** Процессоры в системах связи. — М.: ТИИЭР, 1977, т. 65, № 9, с. 92—104.
9. **Брискер А. С., Руга А. Д., Шарле Д. Л.** Городские телефонные кабели: Справочник. — М.: Связь, 1979. — 168 с.
10. **Времян Г. В.** Качество телефонной передачи н его оценка. — М.: Связь, 1970. — 224 с.
11. **Дельта-модуляция.** Теория и применение/Венедиктов М. Д., Женевский Ю. П., Марков В. В. и др. — М.: Связь, 1976. — 272 с.
12. **Учебиая** коммутацнонная система/Гершовиц М. Н., Норвик Ф. Дж., Отис А. Дж. и др. — М.: ТИИЭР, 1977, т. 65, № 9, с. 189—195.
13. **ГОСТ. 17448—79.** Контакты магнитоуправляемые герметизированные малой и средней мощности. Основные параметры и размеры.
14. **ГОСТ. 17464—72.** Изделия коммутационные. Основные параметры.
15. **ГОСТ. 19472—74.** Автоматизацня телефонной связи. Термины и определения.
16. **ГОСТ. 18490—78.** Аппараты телефонные. Термнны и определения.
17. **ГОСТ. 19692—74.** Системы и прнборы связи коммутационные. Термины и определения.
18. **ГОСТ. 20733—75.** Сообщение телефонное. Характеристики. Термины и определения.
19. **ГОСТ. 21835—76.** Устройства управлення коммутационной техники связи. Термины и определения.
20. **ГОСТ. 22348—77.** Единая автоматизированная сеть связи. Термины и определения.
21. **ГОСТ. 22670—79.** Сеть связи цифровая интегральная. Термины и определения.
22. **ГОСТ. 23130—78.** Блоки управляющих устройств коммутационной техники связи функциональные. Термнны и определенння.
23. **Многократный** интегральный соединитель МИС с магнитоуправляемыми контактами/Гроза А. Э., Дьячков В. Н., Ковалев Л. А. и др. — Электросвязь, 1975, № 11, с. 52—57.
24. **Гуан Т. И.** Способы включения абонентских линий в квазиэлектронные АТС. — Электросвязь, 1979, № 4, с. 36—39.
25. **Ферриды**/Денисов А. Г., Зинаков В. К., Капралов И. И. и др. — М.: Информ-Электро, 1972. — 71 с.
26. **Ершов В. А.** Коммутация на интегральной цнфровой сети связи. — М.: Связь, 1978. — 256 с.
27. **Игнатьев В. О., Алексеев Б. Е., Россиков В. В.** Программное обеспеченне АТС. — М.: Радио и связь, 1981. — 176 с.
28. **Инжеиерно-технический** справочник по электросвязн: Сельская связь/Под ред. И. Е. Голубцова н И. Е. Павловского. — М.: Связь, 1973. — 464 с.
29. **Йович Н., Кутюрье Г. У.** Межпроцессорный обмен в системах с распределенным управлением. — М.: ТИИЭР, 1977, т. 65, № 9, с. 116—122.
30. **Кобленц Я. Г.** Матричные соединители в городских, междугородных и учрежденческнх квазнэлектронных АТС и узлах. — Вестник связи, 1979, № 11, с. 21—22.
31. **Колин К. К., Липаев В. В.** Проектирование алгоритмов управляющих ЦВМ. — М.: Сов. радио, 1970, 344 с.
32. **Кэтермоул К. В.** Принципы импульсно-кодовой модуляции: Пер. с англ./Под ред. В. В. Маркова. — М.: Связь: 1974. — 408 с.
33. **Лазарев В. Г.** Электронная коммутацня н управление в сетях связи. — М.: Связь, 1974. — 271 с.
34. **Лазарев В. Г., Пийль Е. И., Турута Е. Н.** Программное управление на узлах коммутации. — М.: Связь, 1978, — 264 с.
35. **Лаури М.** Модели цифровых сетей для сельских районов. Доклад на советско-финском симпозиуме, 1977.

36. **Лутов М. Ф.** Электронные АТС. — В кн.: Итоги науки и техники. Сер. Радиотехника и электросвязь. — М.: ВИНИТИ, 1966, с. 33—112.
37. **Лутов М. Ф.** Квазиэлектронные АТС. — М.: Связь, 1968. — 200 с.
38. **Лутов М. Ф.** Интегральные сиcтемы связи. — В кн.: Итоги науки и техники. Сер. Электросвязь. — М.: ВИНИТИ, 1972, т. 5, с. 101—164.
39. **Лутов М. Ф.** Дополнительные виды услуг для абонентов современных АТС. — М.: Связь, 1979. — 104 с.
40. **Лутов М. Ф.** Квазиэлектронные АТС: особенности коммутационного поля и сигнализации. — Вестник связи, 1976, № 3, с. 18—22.
41. **Лутов М. Ф.** Полупроводниковый симметричный триод и его применение в разговорном тракте электронных автоматических телефонных станций. — Вопросы радиоэлектроники. Серия XI. Техника проводной связи, 1962, вып. 1, с. 63—81.
42. **Лутов М. Ф., Шелохович В. В.** Программное управление в телефонных коммутационных системах. — В кн.: Итоги науки и техники. Сер. Электросвязь, — М.: ВИНИТИ, 1979, т. 10, с. 3—80.
43. **Людвиг Г., Рой Р.** Ограничения для сетей с волновым поиском путей. — М.: ТИИЭР, 1977, т. 65, № 9, с. 154—165.
44. **Мак Д. Э., Смит У. Б.** Централизованное управление и эксплуатация электронных систем коммутации. — М.: ТИИЭР, 1977, т. 65, № 9, с. 180—188.
45. **Мисуловин Л. Я.** Системные, аппаратные и программные средства обеспечения надежности интегральной аналого-цифровой системы телефонной связи «Исток». Всесоюзный научно-технический семинар «Развитие, внедрение и эксплуатация средств связи». Тезисы докладов. Рига, 15—17 апреля 1980 г. с. 18—22.
46. **Нейман В. И.** Техника автоматической коммутации для узлов распределения информации. — В кн.: Итоги науки и техники. Сер. Электросвязь. — М.: ВИНИТИ, 1972, т. 5, с. 24—100.
47. **Оранжевая** книга. Т. II.1. Общие принципы тарификации МККТТ. — М.: Связь, 1981. — 44 с.
48. **Оранжевая** книга. Т. II-2. Телефонная эксплуатация, качество обслуживания и тарификация. МККТТ. — М.: Связь, 1980. — 188 с.
49. **Оранжевая** книга. Т. III-1. Передача по линиям связи. МККТТ. — М.: Связь, 1980. — 352 с.
50. **Оранжевая** книга. Т. III-2. Системы передачи по линиям связи. МККТТ. — М.: Связь, 1980. — 248 с.
51. **Оранжевая** книга. Т. IV-1. Техническая эксплуатация. МККТТ. — М.: Связь, 1980. — 240 с.
52. **Оранжевая** книга. Т. V. Качество телефонной передачи и телефонные аппараты. МККТТ. — М.: Связь, 1980. — 104 с.
53. **Оранжевая** книга. Т. VI-1. Телефонная сигнализация и коммутация. МККТТ. — М.: Связь, 1979. — 68 с.
54. **Оранжевая** книга. Т. VI-2. Спецификация системы сигнализации № 6. МККТТ. — М.: Связь, 1980. — 132 с.
55. **Оранжевая** книга. Т. VI-3. Технические требования к системам сигнализации R1 и R2. МККТТ. — М.: Связь, 1980. — 120 с.
56. **Оранжевая** книга. Т. VI-4. Языки программирования для телефонных станций с программным управлением. МККТТ. — М.: Связь, 1978. — 44 с.
57. **Оранжевая** книга. Т. IX. Защита. МККТТ. — М.: Связь, 1979. — 64 с.
58. **Рабкин Л. И., Эпштейн Б. Ш., Васильев А. М.** Матричные соединители на запоминающих герконах (гезаконах). — В сб.: Научные труды ЦНИИС, 1975, вып. 4, с. 3—7.
59. **Рабкин Л. И., Васильев А. М., Евгенова И. Н.** Гезаконовый элемент коммутационной техники. — Электросвязь, 1979, № 6, с. 12—17.
60. **Система** телефонной сигнализации по общему каналу/Под ред. М. Н. Стоянова. — М.: Связь, 1980. — 136 с.
61. **Соловьев Н. Н.** Измерительная техника в проводной связи. Ч. 4. — М.: Связь, 1974. — 360 с.
62. **Соучек В.** Микропроцессоры и микро-ЭВМ.: Пер. с англ./Под ред. А. И. Петренко. — М.: Сов. радио, 1979. — 520 с.
63. **Стил Р.** Принципы дельта-модуляции: Пер. с англ./Под ред. В. В. Маркова. — М.: Связь, 1979. — 368 с.

64. **Тревес С. Р.** Техническое обслуживанне ИКМ-систем коммутации. — М.: ТИИЭР, 1977, т. 65, № 9, с. 165—179.
65. **Флорес А.** Программное обеспечение: Пер. с англ./Под ред. В. М. Курочкина. — М.: Мир, 1971. — 519 с.
66. **Флорес А.** Организация вычнслнтельных машин: Пер. с англ./Под ред. В. С. Лапина. — М.: Мнр, 1972. — 430 с.
67. **Халин Ф. М.** Адресно-кодовая коммутацня каналов связи. — М.: Связь, 1979. — 144 с.
68. **Хиллс М. Т., Кано С.** Программирование для электронных систем коммутацни: Пер. с англ./Под ред. В. Г. Лазарева. — М.: Связь, 1980. — 248 с.
69. **Пат.** № 2 289 830, США. 29 марта 1938 г.
70. **Baurganjon K. H.** A high level programming language for SPC software systems. — ISS-76, p. 222-1-1—222-1-4.
71. **Bergstasser G.** Relais mit Flach-Schutzkontakten. — Nachrichtentechnische Zeitschrift, 1960, Bd. 8, № 8, s. 375—378.
72. **Biddulf R., Budlong A. H., Casterline R. C.** Line, trunk, junctor, and service circnits for № 1 ESS. — The Bell system technical journal, 1964, v. 43, № 5, part 2, p. 2321—2354.
73. **Bonami R., Cagnac T., Yelloz G.** ITT 3202 processor. — Electrical communication, 1977, v. 52, № 2, p. 94—98.
74. **Bunker R. L., Scida F. I., Mc Cabe R. P.** Zero loss considerations in digital class 5 office. — IEEE transactions on communications, 1979, v. COM-27, № 7, p. 1013—1018.
75. **Collier M. E., Williams G., Schreiner S. M.** Transmission loss planning and performance of evolving digital telephone networks. — Electrical communication, 1978, v. 53, № 4, p. 254—264.
76. **Ciesielka A. J., Kettler H. W., Loane R. R.** An economic analysis of local digital time division exchonge networks. — IEEE transactions on communications, 1979, v. COM-27, № 7, p. 1064—1070.
77. **Clos C. A.** Study of non-blocking switching networks. — The Bell system technical journal, 1953, v. 32, № 2, p. 406—424.
78. **Combot J-P., Epstein N.** The introduction of digital switching to the local network. — IEEE transactions on communications, 1979, v. COM-27, № 7, p. 1058—1064.
79. **Contribution** to CCITT. Questions 1/XI, 10/XVI, 1/XVIII — CCITT. Com. XI-N 124-E. ITT., March 1978.
80. **Cooper A. C.** Synchronisation for telecommunication in a switched digital network. — IEEE transactions on communications, 1979, v. COM-27, № 7, p. 1028—1033.
81. **Cooper T. R., Helleur R. J.** System X software engineering. — The Post office electrical engineers journal, 1980, v. 72, part 4, p. 240—246.
82. **Correed** Matrix. — Telephony, 1964, v. 167, № 12, p. 53.
83. **Danielson D., Dunlap K. S., Hofmann H. R.** № 1 ESS switching network frames and circuits. — The Bell system technical journal, 1964, v. 43, № 5, part 2, p. 2221—2253.
84. **Digital** signal processor. — The Bell system technical journal, 1981, v. 60, № 7, part 2, p. 1431—1709.
85. **Datta A., Mitwally E.** Synchronization of multi-exchange local network by bit-by-bit method. — TEEE transactions on communications, 1979, v. COM-27, № 7, p. 1034—1046.
86. **Digital** subscriber line signalling. CCITT COM XI-N 377-E (COM XVIII-N 378-E) ATT. January, 1980.
87. **Ecelund F.** Booster converter BMR 263 as the active filter in power supply systems. — Ericsson review, 1979, № 3, pp. 130—133.
88. **Engelfriet C. G.** Bulding design for SPC telephone exchanges. — Philips Telecommunication review, 1977, v. 35, № 1, p. 25—32.

89. **Faigle H., Sze'chenyi K., Van de Ven J.** Transmission quality of Unimat PABX's. — Elektrical communication, 1978, v. 53, № 4, p. 273—282.
90. **Feiner A., Lovell C. A., Lowry T. N., Ridinger P. C.** The ferreed — a new switching device — The Bell system technical journal, 1960, v. 39, № 1.
91. **Freimanis L., Guercio A. M., May H. F.** № 1 ESS scanner, signal distributor and central pulse distributor. — The Bell system technical journal, 1964, v. 43, № 5, part 1, p. 2255—2282.
92. **Frame** mode interface and relations with local digital networks. CCITT. COM XI—N 313-E. Italien administration, July 1979.
93. **Gashler R. J., Archer W., Wasserman N.** Remreed switches. — The Bell system technical journal, 1976, v. 55, № 5, p. 537—564.
94. **Gennas Ch. B.** Optimization of power supply equipment for modern telecommunication system. — Ericsson review, 1976, v. 53, № 6, p. 142—151.
95. **Girard P., Widmaier A.** Subscriber line concentrator PCM 30 SC. — Electrical communication, 1979, v. 54, № 1, p. 39—41.
96. **Gothen J. Van.** The 10-C system for handling toll and transit telephone traffic. — Telektronikk, 1968, № 3—4, p. 157—160.
97. **Gotoh K., Ikeda H., Inose H.** DTS-1 digital telephone system for a large toll office. — Review of elektrical communication laboratories, 1979, v. 27, № 9, 10, p. 702—713.
98. **Grifftiths J. M.** Digital local network. — The post office electrical engineers' journal, 1980, v. 72, part 4, p. 206—211.
99. **Handbook.** Chapter 6. Specification of requirements of a switching system. CCIT. TCOM XI-N 264-E (GAS 6-N 31-E).
100. **Hartley G. C., Mornet P., Ralph F.** Techniques of pulse-code modulation in communication networks. Cambridge at the university press, 1967, p. 142.
101. **Hirano T., Kataoka T.** Reed relay scanner. Oki review, 1965, v. 32, № 1, p. 41—52.
102. **Improved** subscriber loop multiplexing systems for rural areas. — Japan telecommunications review, 1978, № 2, p. 125—132.
103. **Inose H., Jasud J., Kawai J.** The subscriber line circuit at the signaling and tone system for on experimental time-division exchange featuring delta-modulation techniques. — IRE Trans. Commun. Systs, 1962, v. CS-10, № 4, p. 17—24.
104. **Inose H., Saito T.** Three-stage time-division switching networks by time-slot interchange principle. — Electr. and commun. Japan, 1966, v. 49, № 3, p. 43—51.
105. **Jacobaeus Ch. A.** A study on congestion in link systems. — Ericsson technics, 1950, № 48, p. 3—70.
106. **Joel A. E.** Digital switching-how it has developed. — IEEE transaction on communications, 1979, v. COM-27, № 7, p. 948—959.
107. **Kakuma M., Marugama K.** DPL-A high level programming language for electronic switching systems. — Int. Switching Symp., Kyoto, Japan, Oct, 1976, v. 1, p. 222-2-1—222-2-8.
108. **Kitozawa T., Oguma T., Hara T.** Miniature semihard magnetic dry-reed switch. — Fuitsu scientific and technical journal, 1971.
109. **Kurahashi K., Egawa T., Shimizu I.** DTS-1 speech path system. — Review of electrical communication laboratories, 1979, v. 27, № 9, 10, p. 728—739.
110. **Leaky D. M.** Computer-controlled digital telephone switching systems. — GEC Journal of science & technology, 1977, v. 44, № 1, p. 22—30.
111. **Liss W. A.** Service link network simplifies № 1 ESS call handling. — The Bell laboratories record, 1971, v. 49, № 6, p. 171—173.
112. **Lucas P.** Les progrès de la commutation electronique dans le monde. — Commutation & Electronique, 1974, № 44, p. 5—62, 1977, № 59, p. 5—62.
113. **Macrander M. S.** A new «progressive» technique for estabilishing a connection through crosspoint networks. — Automatic electric technical journal, 1962, v. 8, № 2, p. 12—16.
114. **Mo I.** 10-C Datamaskinstyrt telephone system med lagret programm. Telektronikk. 1968, № 3, 4, p. 146—157.
115. **Orevik A.** Power supplies for electronic telephone exchanges. — Ericsson review, 1974, № 4, p. 120—127.

116. **Proposed.** New and revised recommendations for the CCITT man-machine language (MML) (Part III.1 of the report of study group XI to the Plenary Assembly). Study group XI, CCITT. Document AP VII-N 22-E, June 1980.
117. **Proposed** recommendation for digital transit exchanges. CCITT. Document AP VII-N 17-E., June 1980.
118. **Proposed** recommendation for the CCITT high level programming language (CHILL) (Recommendation Z 200). Study group XI, CCITT. Document AP VII-N 21-E, June 1980.
119. **Proposed** revised and expanded recomendations for the CCITT specification and discription language (SDL) (Part III.D. of the report of the study group XI to the Plenary Assembly). Draft recomendations Z. 101 to Z. 105, CCITT. Document AP VII-N 20-E.
120. **Report of** the third meeting of study group XVI, Geneva, 2—5 july 1979. CCITT. COM XVI-N 115-E. CCITT secretaiat. September 1979.
121. **Risbridger J. N. A.** The digital switching subsystem. — The post office electrical engineers' journal, 1980, v. 73, part 1, p. 19—26.
122. **Robin G., Treves S.** Pragmatik introduction of digital switching and transmission in existing network. — IEEE transactions on communications, 1979, v. COM-27, № 7, p. 1071—1078.
123. **Skaperda N. J.** Some architectural alternatives in the design of a digital switch. — IEEE transactions on communications, 1979, v. COM-27, № 7, p. 961—972.
124. **SL-1.** A business communications system with digital switching and stored program control. — Int. switching symposium, Kyoto, Japan, 1976, v. 1, p. 432.1.1—432.1.6.
125. **Specification** for signalling system № 7. Introduction, general contents, Message traffic. — CCITT, part 4, COM XI-N 347-E, November 1979.
126. **Specification** for signalling system № 7. Telephone user part. — CCITT. COM. XI-347-E, November 1979.
127. **Studies** of digital local networks. — CCITT. COM XI-N 277-E (COM XVIII-N 310). Swedish administration, April 1979.
128. **Studies** of digital local networks. — CCITT. COM XI-N 380-E (COM XVIII-N 382-E). Swedish administration, January 1980.
129. **Sugioka R., Fudemoto I., Isuda T.** DTS-1 digital telephone system for a toll office. Fujitsu scientific and technical journal, March 1981, v. 17, № 1, p. 1—36.
130. **Suozzi J. J.** System consideration of triports. — Intelec-78, p. 46—49.
131. **Suozzi J. J., Morrison N. J., Stockert I. I.** A new 140 volt power supply system. — The Bell laboratories record, 1973, v. 51, № 2, p. 41—47.
132. **Svala G., Jacob W.** Electronic telephone exchanges. — Ericsson Review, 1956, № 1, pp. 2—14.
133. **The processor 1A.** — The Bell system technical journal, 1977, v. 56, № 2, p. 119—315.
134. **Tomary K., Naemura K., Iton K.** Architectural design of a multi-purpose communication control processor. — 2-nd USA — Japan computer conference proceeding. August 26—28, 1975. Tokyo, Japan, Consponsored by AFIPS & IPSJ.
135. **Tominaga H., Kosuga M., Toniwaki Y.** On a loop switching network system selecting direction to transmission. — Int. switching symposium, Kyoto, Japan, 1976, v. 1, p. 133.3.1—133.3.8.
136. **Toms N.,** An integrated network using fiber optics (INFO) for the distribution of video, data and telephony in rural areas. — IEEE Transactions on communications, 1976, v. COM-26, № 7, p. 1037—1045.
137. **Tawara K., Hamazato K., Iino Y.** A time division switching network based on time switches. — Review of electrical communication laboratory, 1979, v. 27, № 9, 10, p. 758—772.
138. **Totunaga M., Kamei T., Ishi I.** Development of integrated semiconductor crosspoint switches and a fully electronic switching system. — International switching simposium, ISS-76, v. 1, p. 221-4-1—221-4-8.

139. **Transmission** plan for the North American digital network. — CCITT. COM XVI-N 68-E. Canada-CTCA, June 1978.
140. **Walsh E. G., Haugk G.** The development and application of remanent read contacts in electronic switching systems. — Int. Switch. Symp. Rec., Cambridge, Mass. 1972, New York, 1972, p. 343—347.
141. **Wilson P. C.** DC power supplies to telecommunication equipment: distribution, earthing and protection against induced transient voltages. Part 1. Past and present methods. — The post office electrical engineers' journal, v. 72, part 2, p. 175—179. A new method, ibid, 1980, part 4, pp. 247—250.
142. **Wolpert T.** Some current trends in the design of dc power plant. — Intelec—78, p. 328—334.
143. **Yelloz G., Cagnac T., Le Gall A. P.** ITT 3200 computer for real time data processing. — Electrical communication, 1971, v. 46, № 1, p. 60—67.
144. **№ 1 Electronic** switching system. — The Bell system technical journal, 1964, v. 43, № 5, part 1, 2, p. 760.
145. **№ 2 Electronic** switching system. — The Bell system technical journal, 1969, v. 48, № 8, p. 300.
146. **№ 4 Electronic** switching system. — The Bell system technical journal, 1977, v. 56, № 7, pp. 1015—1320; № 4 ESS System Evolution, ibid, 1981, v. 60, № 6, part 2, p. 1041—1224.

Предметный указатель

А

Б

В

Г

Д

Е

З

И

К

Л

М

Н

О

П

Р

С

Оглавление

Стр.

Михаил Федорович Лутов, Михаил Александрович Жарков,
Павел Александрович Юнаков

Квазиэлектронные и электронные АТС

Редактор Е. В. Комарова
Художник Л. А. Бабаджанян
Художественный редактор Р. А. Клочков
Технический редактор Г. И. Голосовская
Корректор Н. Л. Жукова

ИБ № 204

Сдано в набор 3.06.82 г. Подписано в печать 3.09.82 г.
Т-13630 Формат 60×90 1/16 Бумага кн.-журн. Гарнитура литературная Печать высокая
Усл. печ. л. 16,5 Усл. кр.-отт. 16,5 Уч.-изд. л. 19,36 Тираж 10 000 экз. Изд. № 18515
Зак. № 83 Цена 1 р. 30 к.
Издательство «Радио и связь». 101000 Москва, Главпочтамт, а/я 693

Типография издательства «Радио и связь» Госкомиздата СССР
101000 Москва, ул. Кирова, д. 40